

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение
высшего профессионального образования
Сибирский государственный университет
телекоммуникаций и информатики

Л.А. Сафонова, Г.Н. Смолвик

Методы и инструменты принятия решений

Новосибирск 2012

Оглавление

ГЛАВА 1 МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ	5
1.1 Понятие прогнозирования. Виды прогнозов	5
1.2 Классификация методов прогнозирования	8
1.3 Методы анализа временных рядов	8
1.3.1 Метод скользящего среднего	10
1.3.2 Метод экспоненциального сглаживания	14
1.3.3 Метод проецирования тренда.....	17
1.3.4 Модель с аддитивной компонентой.....	20
1.3.5 Модель с мультипликативной компонентой	31
1.3.6 Выбор объектов прогнозирования и уровня детализации.....	35
1.4 Каузальные методы прогнозирования.....	44
1.4.1 Многомерные регрессионные модели	44
1.4.2 Метод имитационного моделирования Монте-Карло	53
1.5 Качественные методы прогнозирования.....	56
1.6 Задания для самостоятельного выполнения	79
1.7 Контрольные вопросы.....	85
ГЛАВА 2 ИНСТРУМЕНТАРИЙ КОНКУРЕНТНОГО АНАЛИЗА	87
2.1 Использование «Сводных таблиц» MS Excel для подготовки аналитических отчетов о состоянии конкурентной среды	87
2.2 Разработка динамической модели оценки конкурентной позиции организации на основе метода анализа иерархии.....	99
2.3 Разработка динамической модели, реализующей метод SWOT-анализа.....	109
2.4 Разработка матрицы Boston Consulting Group (BCG).....	116
2.5 Сегментация рынка с помощью метода кластерного анализа.....	120
1.5.1 Реализация процедуры кластерного анализа в StatSoft STATISTICA.....	126
1.5.2 Реализация процедуры кластерного анализа в SPSS.....	138
2.6 Задания для самостоятельного выполнения.....	146
2.7 Контрольные вопросы	147
ГЛАВА 3 ИНСТРУМЕНТАРИЙ ИНВЕСТИЦИОННОГО МЕНЕДЖМЕНТА	148
1.1 Статические методы оценки экономической эффективности инвестиционных проектов.....	148
1.1.1 Метод простого срока окупаемости (PBP)	148
1.1.2 Метод расчета средней нормы прибыли на инвестиции (ARR).....	151
1.1.3 Метод анализа точки безубыточности (BEP).....	152
3.2 Динамические методы оценки экономической эффективности инвестиционных проектов.....	157
3.2.1 Чистая текущая стоимость (NPV)	157

3.2.2	Индекс доходности (PI)	161
3.2.3	Внутренняя норма доходности (IRR).....	162
3.2.4	Динамический срок окупаемости (DPBP)	165
3.3	Использование концепции реальных опционов в практике принятия инвестиционных решений	168
3.3.1	Биномиальный метод оценки реальных опционов	171
3.3.2	Модель Блека – Шоулза	178
3.4	Методический инструментарий оценки рисков инвестиционных проектов	181
3.4.1	Метод анализа чувствительности	181
3.4.2	Оценка риска инвестиционного проекта с помощью метода имитационного моделирования Монте-Карло	182
3.4.3	Метод анализа сценариев	194
3.5	Задания для самостоятельного выполнения.....	199
ГЛАВА 4 МЕТОДЫ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ		202
4.1	Симплексный метод линейного программирования.....	203
4.1.1	Реализация симплексного метода в MS Excel	209
4.2	Транспортная задача линейного программирования.....	213
4.2.1	Решение транспортной задачи в MS Excel.....	228
4.3	Задания для самостоятельного выполнения.....	236
ГЛАВА 5 МЕТОДЫ СЕТЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ.....		239
5.1	Общие сведения о методах сетевого планирования и управления.....	239
5.2	Основные понятия сетевого планирования и управления.....	240
5.3	Правила построения сетевого графика.....	242
5.4	Правила нумерации событий на сетевом графике	243
5.5	Правила расчета параметров сетевых графиков.....	247
5.5.1	Аналитический метод расчета параметров сетевых графиков	248
5.5.2	Табличный метод расчета параметров сетевых графиков	255
5.6	Разработка сетевых моделей в MS Project 2007	260
5.6.1	Общая характеристика MS Project 2007	260
5.6.2	Основные элементы интерфейса MS Project 2007	261
5.6.3	Настройка программы MS Project 2007	263
5.6.4	Создание нового проекта в MS Project 2007	266
5.7	Задания для самостоятельного выполнения.....	296
5.8	Контрольные вопросы	296
Список использованных источников.....		297

Введение

Современная рыночная среда развивается очень динамично и характеризуется высоким уровнем конкуренции. В таких условиях способность быстро анализировать информацию и оперативно принимать решения является очень ценным качеством и одним из главных конкурентных преимуществ. Время — это невозобновимый ресурс как для компании, так и для руководителя и с каждым днем он становится все ценнее. Принятие необоснованных, неэффективных решений в современных условиях, да впрочем, как и во все времена, создаёт огромные проблемы для экономических субъектов вне зависимости от сферы деятельности и величины уставного капитала. Стоимость подобных ошибок чрезвычайно высока. Неэффективность решений может приводить к нерациональному использованию финансовых ресурсов, росту издержек, трудностям привлечения инвесторов, потере конкурентных позиций.

Быстрое принятие эффективных решений – требование времени. Руководителя, не обладающего подобными компетенциями, неизбежно ожидает неудача или даже поражение в конкурентной борьбе. Одним из ответов системы высшего профессионального образования на этот запрос является компетентностно-ориентированное обучение, обозначенное в концепции модернизации Российского образования.

Сегодня конкурентоспособность выпускника на рынке труда во многом зависит от его способностей анализировать информацию, использовать специализированное программное обеспечение, умения разрабатывать собственные динамические модели и системы поддержки принятия решений, овладевать новыми технологиями, адаптируясь к изменяющимся условиям. MS Excel - одна из наиболее распространенных программ. Именно поэтому в данном учебном пособии уделено особое внимание умению использовать MS Excel для поддержки принятия решений.

ГЛАВА 1 МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

1.1 Понятие прогнозирования. Виды прогнозов

Проблема прогнозирования, вследствие быстрых и трудно предсказуемых изменений внешней среды, является особенно сложной. С учетом этих трудностей и ошибок в прогнозах многие специалисты были вынуждены заговорить о тщетности прогнозирования. На самом деле прогнозирование – это обязанность, которую в явной или неявной форме должны выполнять все организации.

Зачем нужны прогнозы?

На основе прогнозов строятся планы стратегического развития, разрабатываются программы, описывающие конкретные действия с целью максимального удовлетворения потребностей. В соответствии с прогнозами принимаются решения о том, куда и в каких объемах направлять инвестиции, какие дополнительные производственные мощности потребуются и через какой период времени, какие технологии и услуги необходимо реализовать, чтобы успешно действовать на рынке в условиях жесткой конкуренции.

Целью прогнозирования также является побуждение к размышлению о том, что может произойти во внешней среде и к каким последствиям для организации это приведет. Прогнозирование повышает бдительность менеджеров и, следовательно, их способность реагировать на изменения.

Основой прогнозирования является детальное изучение прошлого, анализ тенденций развития. Чем лучше мы понимаем эти закономерности и можем математически их описать, тем выше вероятность построения достоверного прогноза. В условиях рыночной экономики деятельность предприятий в значительной степени зависит от того, насколько достоверно они могут предвидеть перспективы своего развития в будущем.

Различие понятий «планирование» и «прогнозирование»

Несмотря на актуальность проблемы прогнозирования в современной экономической литературе существуют неоднозначные трактовки терминов «планирование» и «прогнозирование». В связи с этим, прежде всего, следует определиться с содержанием указанных понятий.

Под **прогнозированием** будем понимать процесс исследования, направленный на выявление тенденций развития объекта и его внешнего окружения.

Прогноз – это вероятностное научно-обоснованное суждение о перспективах, возможных состояниях того или иного объекта или явления в будущем.

Планирование же предполагает разработку комплекса действий (мероприятий) по достижению желаемого результата, определение последовательности и сроков их реализации.

Процесс прогнозирования

Процесс прогнозирования включает в себя ряд последовательных этапов, представленных на рисунке 1.1.

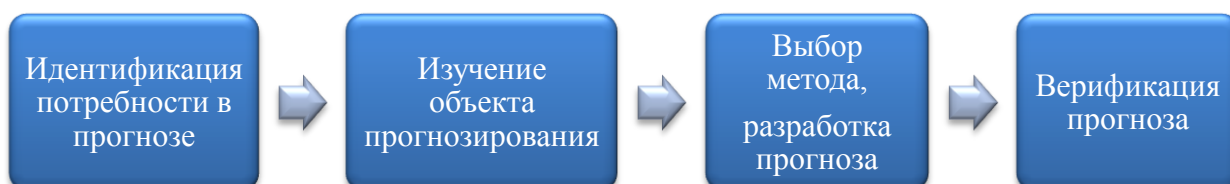


Рисунок 1.1 – Процесс прогнозирования

Прогнозирование – процесс сложный, трудоемкий и весьма дорогостоящий для компании, поэтому исходным этапом процесса прогнозирования является идентификация потребности в прогнозной информации. На данном этапе необходимо ответить на вопросы: «Для чего необходим данный прогноз? Каким образом он будет использован для подготовки и принятия решения на том или ином уровне управления?» Далее необходимо провести идентификацию участников процесса прогнозирования: субъекта, заказчика и потребителя прогноза.

Субъект прогнозирования – это организация, подразделение или отдельное лицо, осуществляющее разработку прогноза.

Заказчик прогноза - организация, подразделение или отдельное лицо, выдающее задание на прогноз, выступающее инициатором его разработки.

Потребитель прогноза - организация, подразделение или отдельное лицо, использующее его результаты в своей деятельности. В отдельных случаях потребителем прогноза может являться заказчик.

Следующим необходимым этапом процесса прогнозирования является изучение объекта исследования, в ходе которого проводится сбор и анализ информации, а также выявление причинно-следственных связей, определение основных источников информации. Для выбора адекватных методов прогнозирования целесообразно провести оценку доступных временных, трудовых и финансовых ресурсов.

Процесс прогнозирования в организации должен быть формализован, т.е. должна быть описана методика его разработки, последовательность прохождения по всем подразделениям с четким указанием применяемых методов построения прогноза, сроков и форм подачи информации. Если это не сделано, то процесс прогнозирования будет происходить стихийно. Выявляя отклонения прогнозных значений от фактических, невозможно

будет выявить причины и разработать мероприятия для недопущения этих ошибок в будущем и повышения точности прогнозирования.

Выбор метода прогнозирования зависит от множества факторов, в т.ч. от наличия данных, желаемой точности прогноза, временных и стоимостных затрат на его разработку, а также от необходимого вида прогноза. Классификация видов прогнозов по различным признакам представлена в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Виды прогнозов

Признак классификации	Виды прогнозов
1. По горизонту прогнозирования	<ul style="list-style-type: none"> ▪ краткосрочные (до 1 года, но обычно квартал); ▪ среднесрочные (от 1 года до 3 лет); ▪ долгосрочные (на 3 года и более).
2. По типу прогнозирования	<ul style="list-style-type: none"> ▪ поисковые прогнозы (построенные на основе выявленных причинно-следственных связей); ▪ нормативные прогнозы (строятся в результате анализ временных рядов); ▪ основанные на творческом видении (или экспертные оценки).
3. По степени вероятности будущих событий	<ul style="list-style-type: none"> ▪ вариантные (предусматривается несколько вариантов развития событий); ▪ инвариантные (имеется только 1 вариант).
4. По способу представления результатов	<ul style="list-style-type: none"> ▪ точечный прогноз - конкретное значение показателя (например, объем продаж в 2015 году составит 2,5 млн.руб.); ▪ интервальные прогнозы представляют собой диапазон значений (например, объем продаж в 2015 году составит от 2 до 3 млн.руб.).
5. По охвату рынка (в зависимости от того, что охватывает прогноз)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ глобальный; ▪ региональный; ▪ номенклатурная группа; ▪ отдельный товар/услуга.

1.2 Классификация методов прогнозирования

Под **методами прогнозирования** понимается совокупность приемов, позволяющих на основе анализа ретроспективных данных, а также внешних и внутренних связей объекта прогнозирования вывести суждения определенной достоверности относительно его будущего развития.

В работах отечественных и зарубежных учёных предлагается множество вариантов классификации методов прогнозирования, одной из наиболее актуальных, с практической точки зрения, является классификация, представленная на рис.1.2.



Рисунок 1.2 – Классификация методов прогнозирования [19]

Количественные методы прогнозирования требуют значительного количества статистических данных и при их отсутствии не могут быть использованы. К количественным методам прогнозирования относятся:

- методы анализа временных рядов;
- каузальные или причинно-следственные методы.

Рассмотрим каждую группу более подробно.

1.3 Методы анализа временных рядов

Временным рядом называется последовательность значений некоторого показателя во времени.

Например:

- количество пользователей Интернет по годам;
- телефонная плотность по годам;
- объем продаж и т.д.

Различают два вида временных рядов:

- моментные;
- интервальные.

В моментном ряду значения рассматриваемого показателя отнесены к определенным моментам времени (см.табл.1.2).

Таблица 1.2 – Моментный ряд

Момент времени	t_1	t_2	t_3	...	t_n
Значение показателя	Y_1	Y_2	Y_3	...	Y_n

при этом считается, что $t_1 < t_2 < t_3 < \dots < t_n$

В интервальном ряду указаны соответствующие промежутки времени, интервалы (см.табл.1.3).

Таблица 1.3 – Интервальный ряд

Интервал времени	$[t_0, t_1]$	$(t_1, t_2]$...	$(t_{n-1}, t_n]$
Значение показателя	Y_1	Y_2	...	Y_n

Графически они могут быть представлены следующим образом:

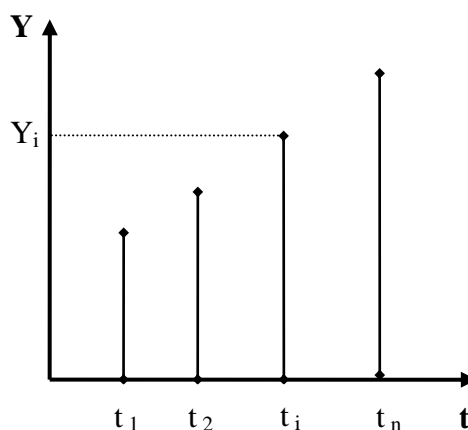


Рисунок 1.3 – Моментный ряд

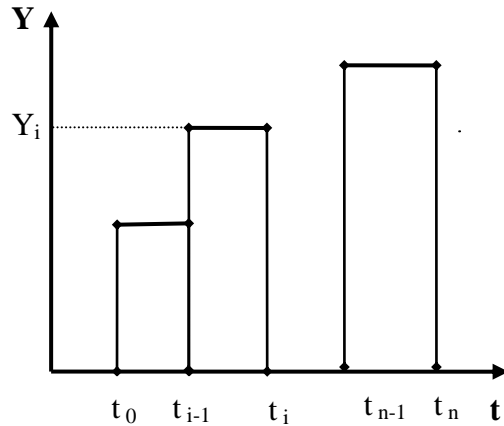


Рисунок 1.4 – Интервальный ряд

В задачах прогнозирования методы анализа временных рядов используются при наличии значительного количества значений рассматриваемого показателя из прошлого и при условии, что наметившаяся тенденция ясна и относительно стабильна.

1.3.1 Метод скользящего среднего

Суть метода скользящего среднего состоит в том, что значение прогнозируемого показателя определяется путем усреднения значений за несколько предшествующих моментов времени. Расчет выполняется по формуле 1.1:

$$Y_{t+1} = \frac{Y_t + Y_{t-1} + Y_{t-2} \dots Y_{t-k+1}}{k}, \quad (1.1)$$

где Y_{t+1} - прогнозируемое значение показателя.

k – число предшествующих моментов времени, используемых в расчете.

Значение прогнозируемого показателя может быть рассчитано на основе данных за любое количество временных периодов, но обычно в расчет включают 3 или 5 периода. Анализ временных рядов предпочтительнее использовать при составлении краткосрочных прогнозов, а также для сглаживания сезонных колебаний.

Рассмотрим на примере.

Имеются данные о кол-ве пользователей сети за 7 месяцев текущего года. Необходимо составить прогноз на август месяц.

t – момент времени (месяц),

Y – количество пользователей сети сотовой связи, тыс.чел.

Таблица 1.4 – Исходные данные

t	1	2	3	4	5	6	7	8
Y, тыс.чел.	3	5	9	7	9	12	14	?

Пусть $k=3$, тогда количество пользователей сети в августе месяце будет равно:

$$Y_{\text{авг}} = \frac{9 + 12 + 14}{3} = 11,67$$

В электронных таблицах MS Excel для реализации этого метода имеется специальный инструмент «Скользящее среднее». Для его использования необходимо установить «Пакет анализа». Для активизации Пакета анализа данных в MS Excel 2007 необходимо выполнить следующие действия:

1. Нажать многофункциональную кнопку MS Office 2007:

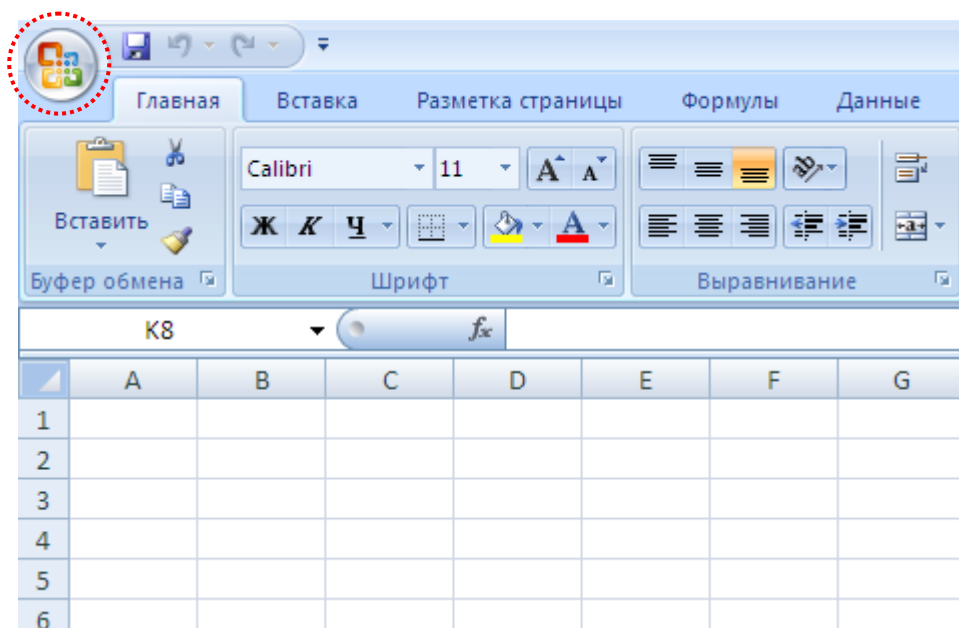


Рисунок 1.5 - Интерфейс MS Excel 2007

2. Выбрать НАДСТРОЙКИ / Пакет анализа / Перейти

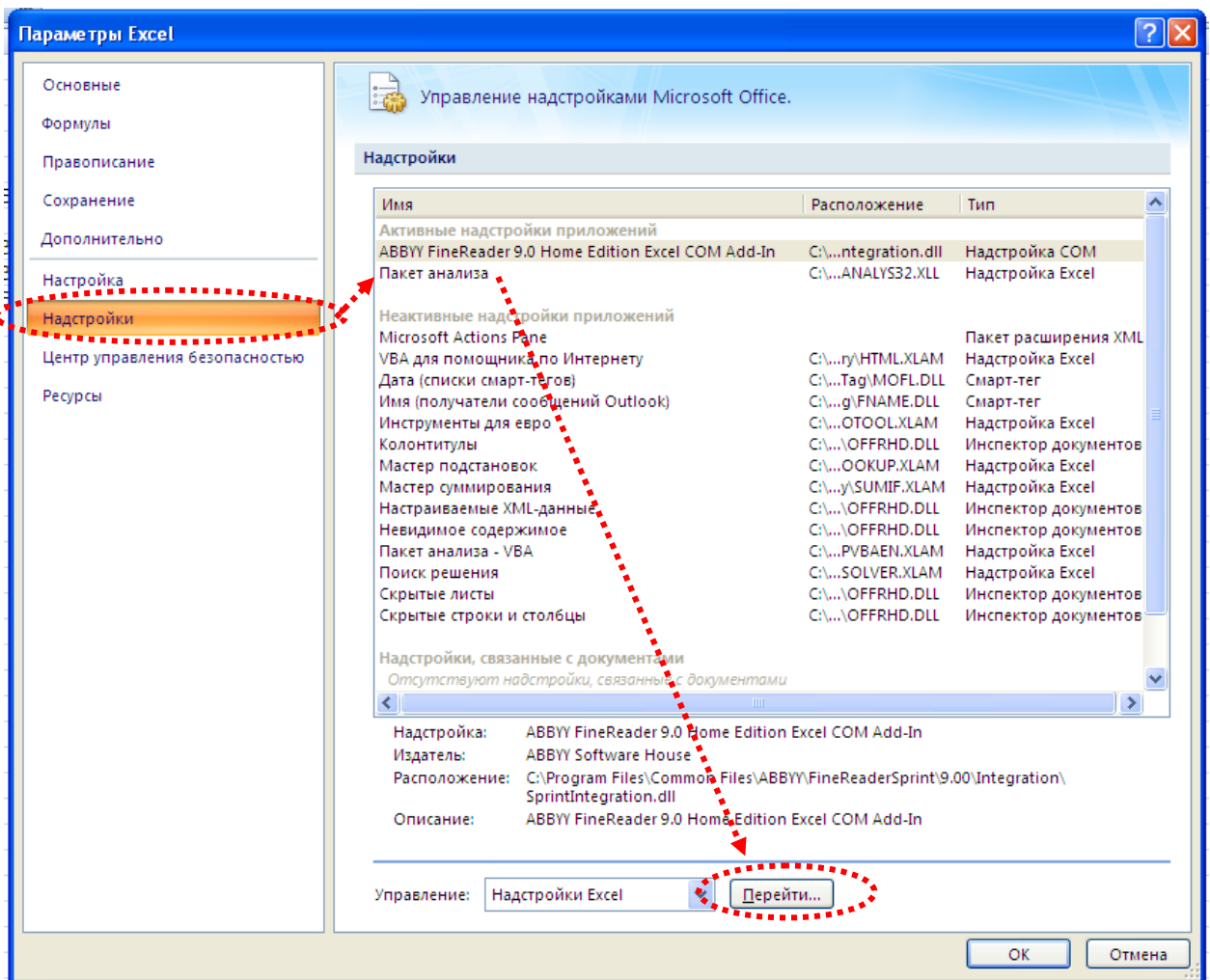


Рисунок 1.6 – Активация надстройки «Пакет анализа» (шаг 1)

3. В появившемся диалоговом окне установить метку в поле «Пакет анализа»

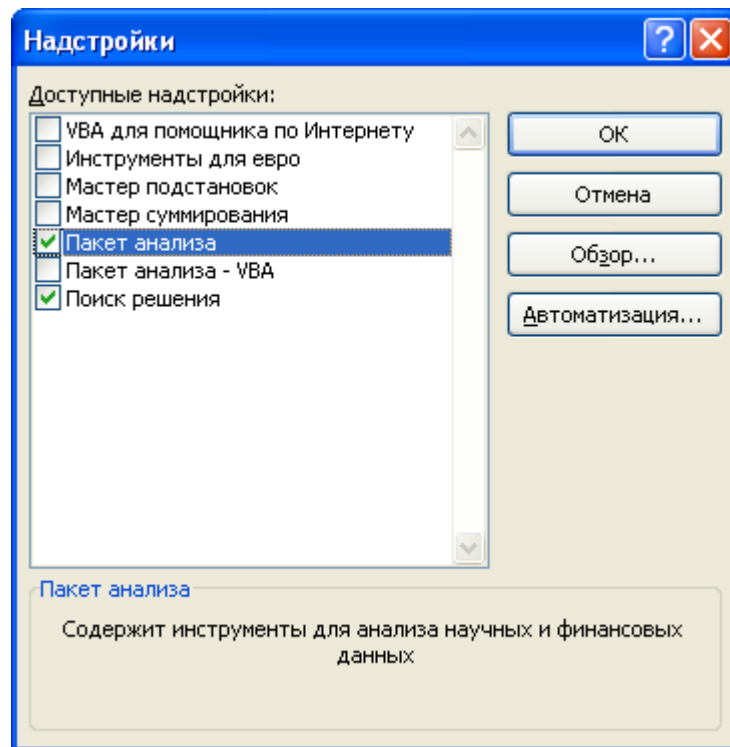



Рисунок 1.7 – Активация надстройки «Пакет анализа» (шаг 2)

После выполнения указанной последовательности действий во вкладке **ДАННЫЕ** появится пиктограмма пакета **анализа данных**  **Анализ данных**.

Далее в меню **ДАННЫЕ** необходимо выбрать пункт «**Анализ данных**», в появившемся диалоговом окне из списка выбрать инструмент «**Скользящее среднее**» и щелкнуть **ОК**.

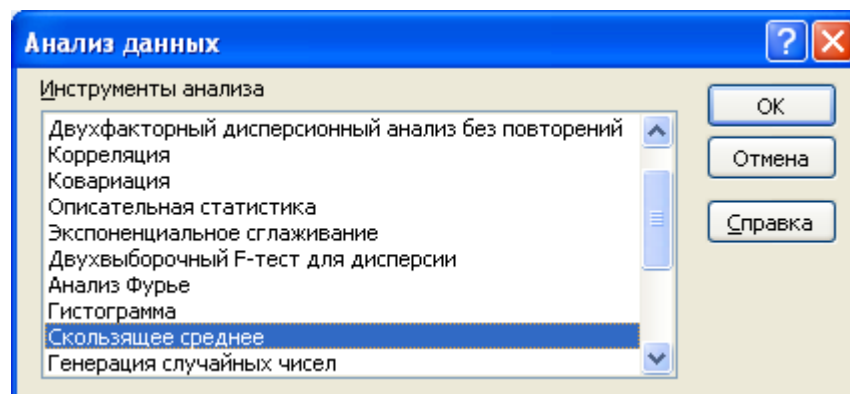


Рисунок 1.8 – Запуск инструмента «Скользящее среднее»

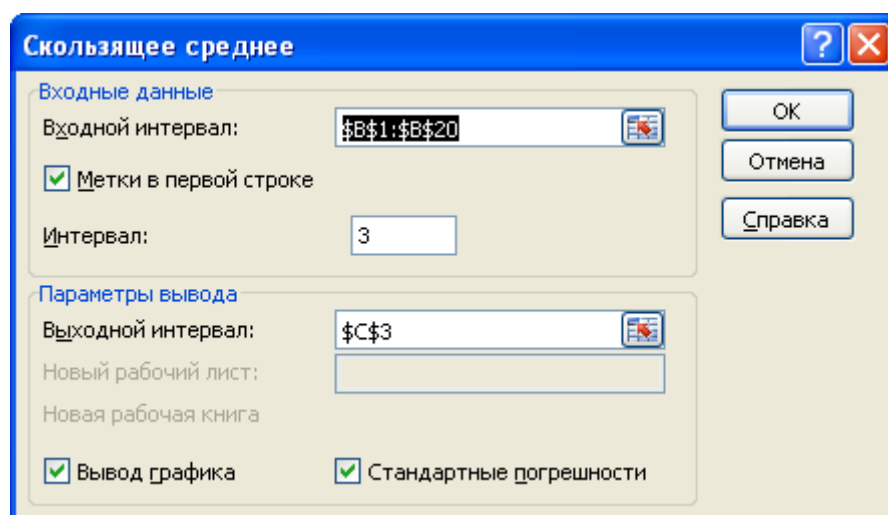


Рисунок 1.9 – Диалоговое окно ввода исходных данных

В поле «**Входной интервал**» необходимо указать диапазон ячеек, содержащий фактически значения X .

Если строка входного интервала содержит заголовок таблицы, то в поле «**Метки в первой строке**» необходимо установить флажок.

В поле «**Интервал**» указывается количество временных периодов, которые необходимо включить в расчет скользящего среднего. Обычно $N=3$ или 5. В поле «**Выходной интервал**» указывается ссылку на ячейку, с которой необходимо начать вывод результатов расчетов.

В полях «**Вывод графика**» и «**Стандартные погрешности**» метки устанавливаются по желанию. Если флажок «Стандартные погрешности» будет поставлен, то на экран выведется два столбца.

Первый столбец – результат расчета скользящего среднего.

Второй столбец – стандартные погрешности, которые рассчитываются как корень из суммы квадратов разностей фактических и прогнозных значений, деленной на количество периодов участвующих в расчете скользящего среднего. $=КОРЕНЬ(СУММКВРАЗН(B6:B8,D7:D9)/3)$

В первых ячейках диапазона появиться запись «**#Н/Д**». Это означает, что для вычисления среднего значения **недостаточно данных**. Недостаток инструмента – на графике спрогнозированные значения накладывается на фактические значения показателя.

В целом, метод скользящего среднего применять несложно, но он слишком прост для создания точного прогноза, обычно в качестве вспомогательного инструмента для сглаживания сезонных колебаний

1.3.2 Метод экспоненциального сглаживания

Метод экспоненциального сглаживания также предполагает, суммирование значений за предшествующие периоды времени, но при этом им присваиваются весовые коэффициенты. Взвешивание осуществляется таким образом, что последние данные получают большие веса, нежели более

старые. Это связано с тем, что значения показателя за более поздние временные периоды более точно отражают влияние совокупности факторов внешней среды, соответственно являются более ценными для прогноза.

Для прогнозирования используется следующее рекуррентное соотношение:

$$Y_{t+1}^* = \alpha Y_t + (1 - \alpha) Y_t^* , \quad (1.2)$$

где Y_{t+1}^* - прогнозируемое значение показателя;

α - константа сглаживания. Значение выбирается аналитиком итеративным способом, в качестве рекомендаций можно использовать данные таблицы 1.5.

Таблица 1.5 – Значения константы сглаживания

α	0,05	0,1	0,2	0,3
k	39	19	9	6

k – количество предшествующих моментов времени, используемых в расчете.

Например:

Имеются данные о количестве пользователей сети за 7 месяцев текущего года. Необходимо составить прогноз на август месяц методом экспоненциального сглаживания. Константу сглаживания α принять равной 0,4.

Таблица 1.6 – Исходные данные

t	1	2	3	4	5	6	7	8
Y, тыс.чел.	3	5	9	7	9	12	14	?

Для прогнозирования методом экспоненциального сглаживания необходимо провести расчеты по формуле (1.2) для всех временных периодов в следующей последовательности:

Прогнозное значение за январь месяц примем равным 3 тысяч пользователей, тогда количество пользователей в феврале будет равно:

$$Y_{\text{февр}}^* = \alpha \cdot \text{Фактич. кол-во}_{\text{янв}} + (1 - \alpha) \cdot \text{Прогноз}_{\text{янв}}$$

поскольку фактическое и прогнозное кол-во совпадают, то в итоге получим

$$Y_{\text{февр}}^* = 0,4 \cdot 3 + (1 - 0,4) \cdot 3 = 3 \text{ тыс. пользователей}$$

В марте:

$$Y_{\text{март}(\alpha=0,4)}^* = \alpha \cdot \text{Фактическое кол} - \text{во}_{\text{февр}} + (1 - \alpha) \text{Прогноз}_{\text{февр}}^* = \\ = 0,4 \cdot 5 + (1 - 0,4) \cdot 3 = 3,8$$

$$Y_{4(\alpha=0,4)}^* = \alpha Y_3 + (1 - \alpha) Y_3^* = 0,4 \cdot 9 + (1 - 0,4) \cdot 3,8 = 5,88$$

$$Y_{5(\alpha=0,4)}^* = \alpha Y_4 + (1 - \alpha) Y_4^* = 0,4 \cdot 7 + (1 - 0,4) \cdot 5,88 = 6,28$$

$$Y_{6(\alpha=0,4)}^* = \alpha Y_5 + (1 - \alpha) Y_5^* = 0,4 \cdot 9 + (1 - 0,4) \cdot 6,328 = 7,397$$

$$Y_{7(\alpha=0,4)}^* = \alpha Y_6 + (1 - \alpha) Y_6^* = 0,4 \cdot 12 + (1 - 0,4) \cdot 7,397 = 9,238$$

$$Y_{8(\alpha=0,4)}^* = \alpha Y_7 + (1 - \alpha) Y_7^* = 0,4 \cdot 14 + (1 - 0,4) \cdot 9,238 = 11,1428$$

Таким образом, метод экспоненциального сглаживания показал, что в августе количество пользователей будет равно 11,1428 тыс. пользователей.

Для составления прогноза методом экспоненциального сглаживания в разделе **ДАННЫЕ** необходимо выбрать инструмент **«Экспоненциальное сглаживание»**.

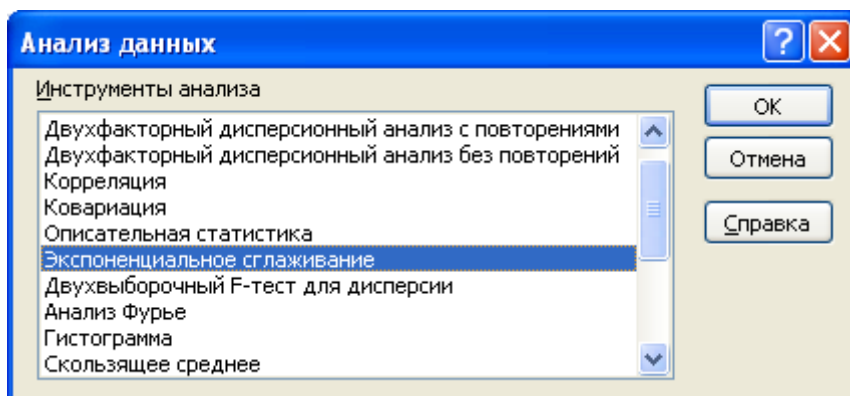


Рисунок 1.10 – Запуск инструмента «экспоненциальное сглаживание»

В поле «Фактор затухания» необходимо ввести значение равное $\beta = 1 - \alpha$

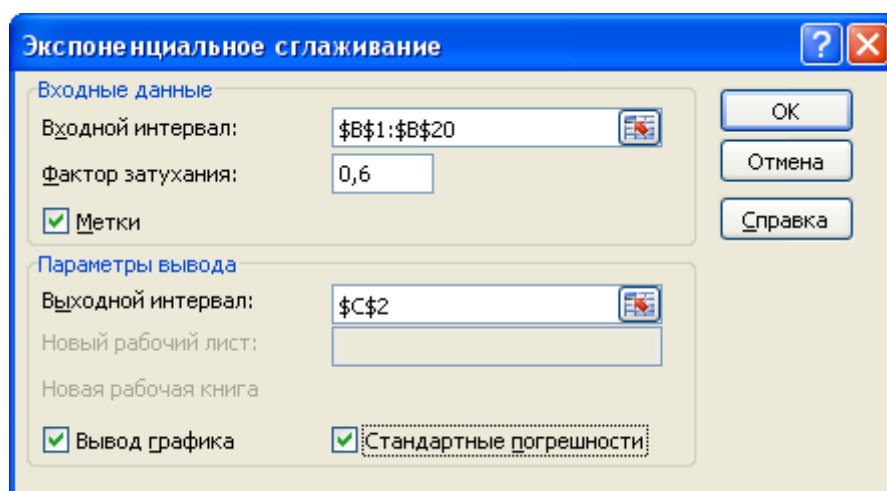


Рисунок 1.11 – Диалоговое окно ввода исходных данных

Метод экспоненциального сглаживания может быть использован только в относительно стационарных условиях, при стабильном развитии системы без резких изменений условий внешней и внутренней среды. Если же компания стала терпеть убытки, резко изменилась рыночная ситуация (например, цены на сырье, резко вырос уровень инфляции и т.д.) данный метод не рекомендуется использовать, т.к. он не позволяет учесть влияние этих факторов.

1.3.3 Метод проецирования тренда

Развитие процессов, реально наблюдаемых в жизни, складывается из некоторой устойчивой тенденции (тренда) и случайной составляющей, которая выражается в колебаниях показателя вокруг тренда. Линии тренда сглаживают динамический ряд, выявляя общую тенденцию. Они позволяют графически отображать тенденции данных и прогнозировать их дальнейшие изменения. Линии тренда сглаживают динамический ряд, выявляя общую тенденцию. Они позволяют графически отображать тенденции данных и прогнозировать их дальнейшие изменения. Из трендовых моделей в прогнозировании наиболее широко используются следующие виды:

$$1) \text{ линейная: } y = a + bx; \quad (1.3)$$

$$2) \text{ степенная: } y = ax^b; \quad (1.4)$$

$$3) \text{ логарифмическая: } y = a \ln(x) + b; \quad (1.5)$$

$$4) \text{ экспоненциальная: } y = ae^{bx}. \quad (1.6)$$

Корректный выбор типа линии тренда, т.е. обеспечивающей наибольшую точность аппроксимации, во многом определяет качество прогноза.

Для построения трендовой модели в среде MS Excel необходимо на основе данных временного ряда построить точечную диаграмму.

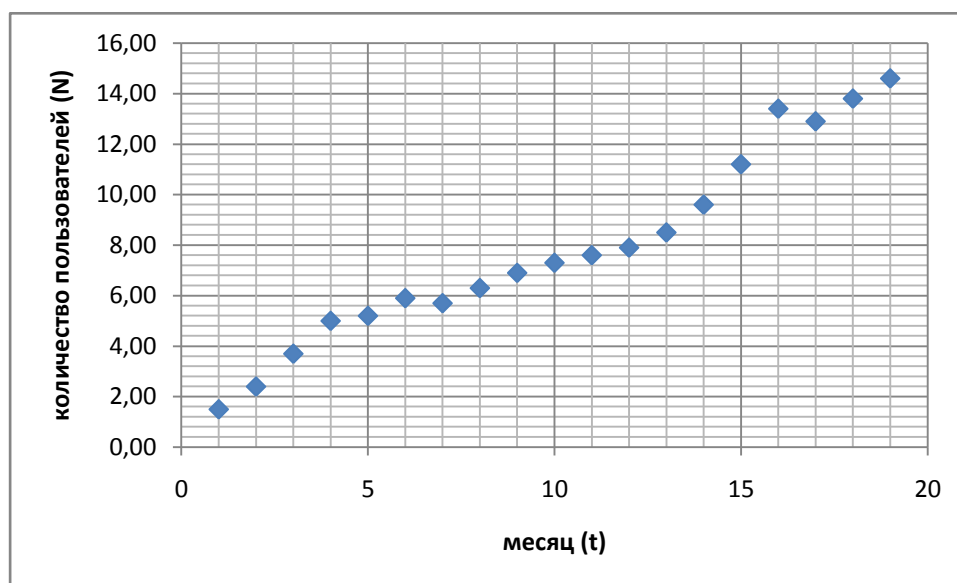
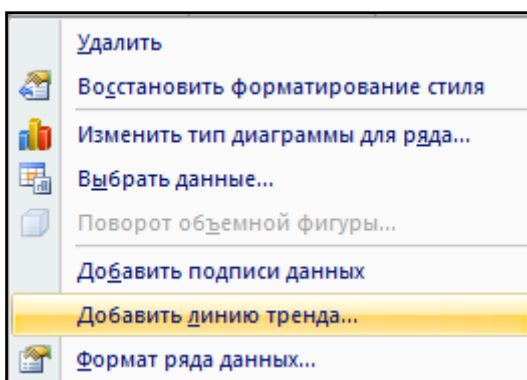


Рисунок 1.12 – Точечная диаграмма

Далее необходимо щелкнуть правой кнопкой мыши по одной из точек данных. В появившемся диалоговом окне необходимо выбрать пункт «ДОБАВИТЬ ЛИНИЮ ТРЕНДА»



Выбрать тип трендовой модели и установить метки в полях:

- показывать уравнение на диаграмме,
- поместить на диаграмму величину достоверности аппроксимации.

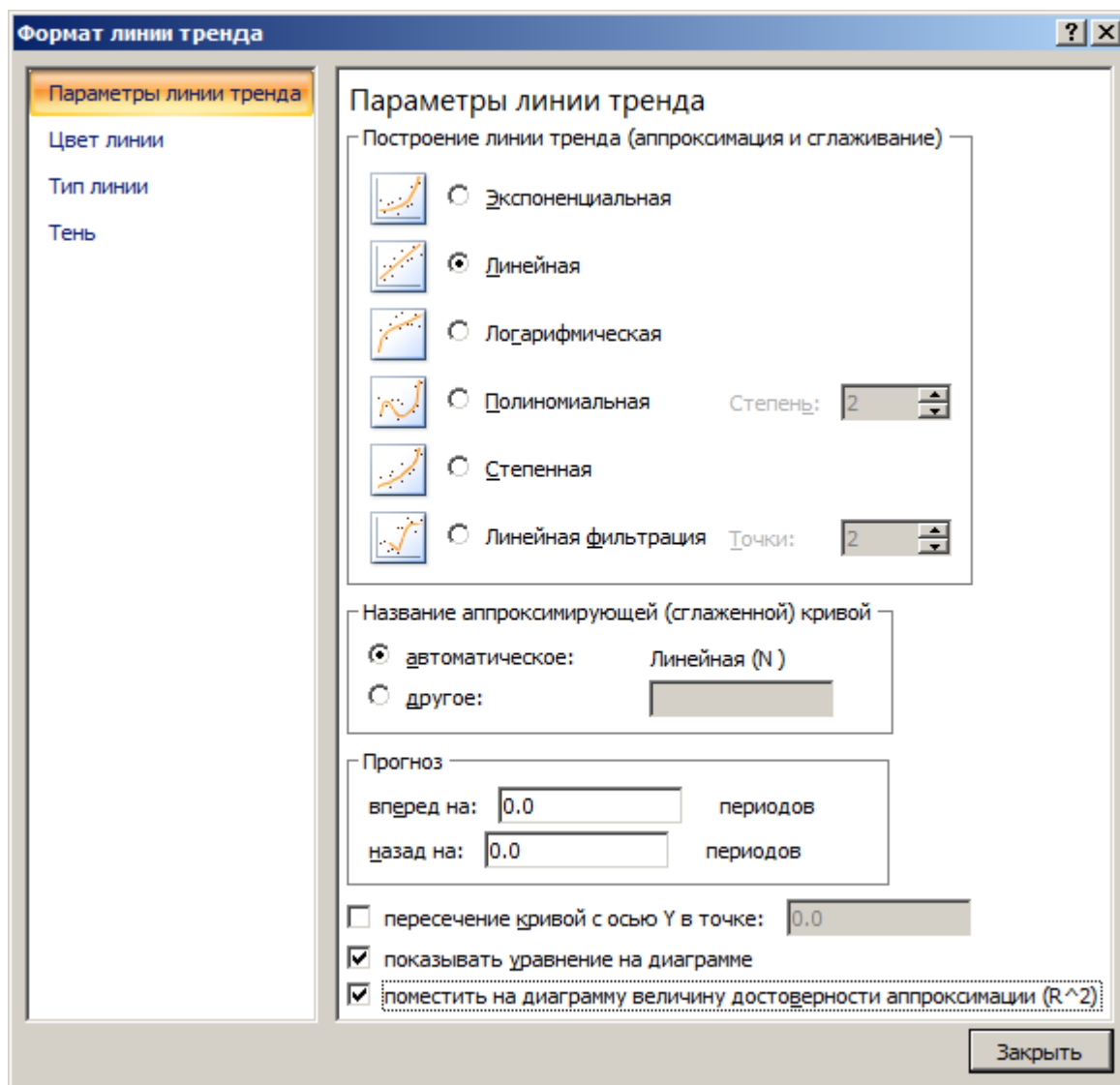


Рисунок 1.13 – Диалоговое окно выбора типа трендовой модели

Тип трендовой модели со значением R^2 максимально близким к 1 обеспечивает наибольшую точность аппроксимации и позволит получить наиболее точный прогноз.

Прогноз на базе трендовых моделей основывается на допущении, что все факторы, действовавшие в базовом периоде, и взаимосвязь этих факторов останутся неизменными и в прогнозируемом периоде. Однако такое условие часто нарушается. Поэтому метод трендовых моделей в прогнозировании можно применять с упреждением на один, максимум на два интервала динамического ряда.

В большинстве случаев динамический ряд, кроме тренда и случайных отклонений от него, характеризуется ещё сезонными и циклическими составляющими.

Сезонность оказывает очень сильное влияние на точность прогноза, поэтому приступая к построению прогноза с помощью методов анализа

временных рядов данные необходимо проанализировать на наличие сезонных колебаний. В случае их обнаружения данные необходимо десезонализировать. Следует отметить, что понятие сезона связано не столько с временами года, сколько с активностью потребления товаров и услуг в течение определенных периодов времени. Данный термин применим к любым систематическим колебаниям, например, при изучении товарооборота в течение недели под термином сезон подразумевается какие-либо дни недели, характеризующиеся наибольшей активностью покупателей, при изучении транспортных потоков сезонность проявляется не только в днях, но и в часах, можно выделить часы пик с максимальной активностью. Для прогнозирования показателей, подверженных сезонным изменениям может быть использовано два типа моделей:

- модель с аддитивной компонентой,
- модель с мультипликативной компонентой.

1.3.4 Модель с аддитивной компонентой

Моделью с аддитивной компонентой называется модель, в которой вариация значений переменной описывается в виде суммы компонент. Аддитивную модель прогнозирования можно представить в виде формулы:

$$F = T + S + E, \quad (1.7)$$

где F – прогнозируемое значение,

T – трендовая составляющая,

S – сезонная компонента,

E – случайная составляющая или ошибка прогноза.

Алгоритм анализа сезонности представлен на рисунке 1.14.

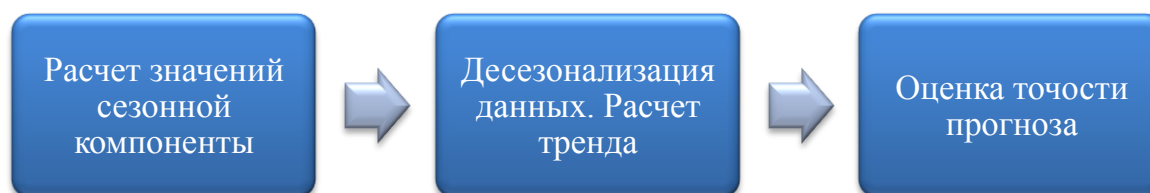


Рисунок 1.14 – Алгоритм анализа сезонности

Рассмотрим процесс построения модели с аддитивной компонентой на примере.

Имеются данные по объему продаж компании за последние 13 кварталов (см.табл.1.7). Необходимо проанализировать имеющийся массив данных на наличие сезонных колебаний и составить прогноз на следующий

квартал с помощью моделей с аддитивной и мультипликативной компонентой. Выбрать модель, обеспечивающую наибольшую точность расчетов.

Таблица 1.7 – Исходные данные

№	t	Q
1	янв-март 2007	170,00
2	апр-июнь 2007	130,00
3	июль-сент 2007	112,00
4	окт-дек 2007	200,00
5	янв-март 2008	240,00
6	апр-июнь 2008	210,00
7	июль-сент 2008	170,00
8	окт-дек 2008	274,00
9	янв-март 2009	320,00
10	апр-июнь 2009	290,00
11	июль-сент 2009	260,00
12	окт-дек 2009	350,00
13	янв-март 2010	390,00

Алгоритм построения прогноза на основе аддитивной модели

Шаг 1

Расчет значений сезонной компоненты

1. На основе исходных данных (см. табл.1.7) построим точечную диаграмму

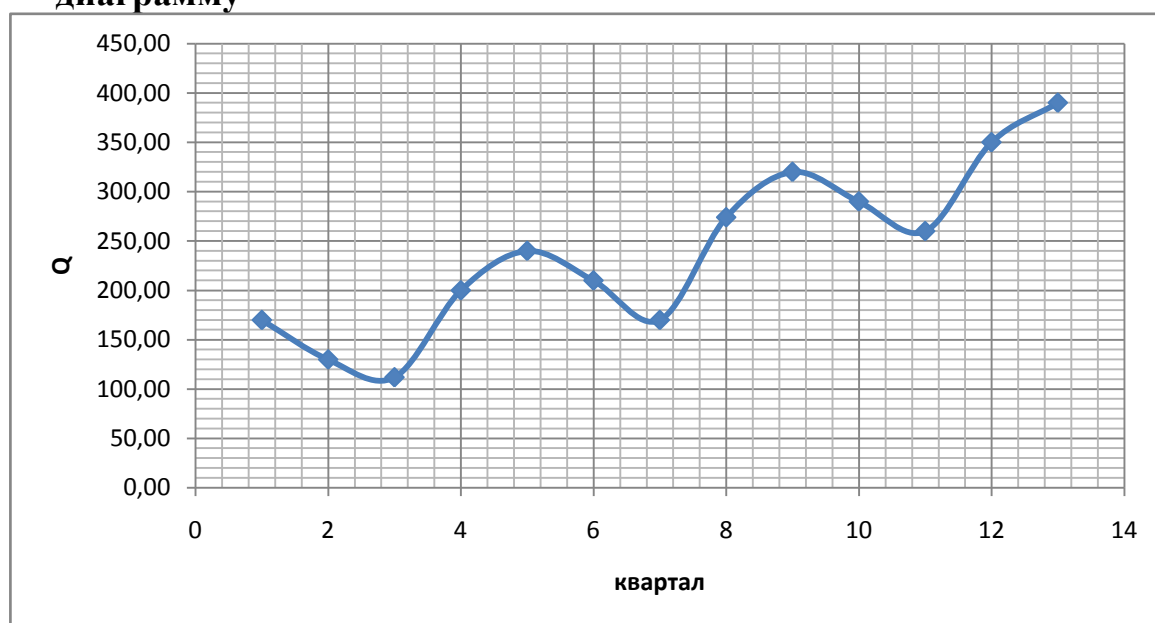


Рисунок 1.15 – Точечная диаграмма

Из рисунка видно, что объем продаж подвержен сезонным колебаниям. Для того, чтобы элиминировать влияние сезонной компоненты воспользуемся методом скользящей средней.

2. Расчет среднего значения объема продаж за 4 квартала (столбец 5)

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2	1	2	3	4	5	6	7=3-6
3	№	t	Q	Итого за 4 квартала	Скользящее среднее за 4 квартала	Центрированная скользящая средняя	Оценка сезонной компоненты
4	1	январь-март 2007	170.00				
5	2	апрель-июнь 2007	130.00	=C4+C5+C6+C7	=D5/4		
6	3	июль-сентябрь 2007	112.00				
7	4	октябрь-декабрь 2007	200.00				
8	5	январь-март 2008	240.00				
9	6	апрель-июнь 2008	210.00				
10	7	июль-сентябрь 2008	170.00				
11	8	октябрь-декабрь 2008	274.00				
12	9	январь-март 2009	320.00				
13	10	апрель-июнь 2009	290.00				
14	11	июль-сентябрь 2009	260.00				
15	12	октябрь-декабрь 2009	350.00				
16	13	январь-март 2010	390.00				

Рисунок 1.16 – Расчет скользящего среднего

Введенные формулы необходимо растянуть на весь диапазон ячеек (D5:D14). Рассчитанные значения уже не содержат сезонной компоненты и соответствуют середине года, т.е. находится между 2 и 3 кварталом. Далее данные необходимо **центрировать**.

3. Расчет центрированной скользящей средней

Центрированная скользящая средняя (столбец 6) рассчитывается по формуле средней арифметической простой. Пример расчета представлен на рисунке:

1	A	B	C	D	E	F	G
2	1	2	3	4	5	6	7=3-6
3	№	t	Q	Итого за 4 квартала	Скользящее среднее за 4 квартала	Центрированная скользящая средняя	Оценка сезонной компоненты
4	1	янв-март 2007	170.00				
5	2	апр-июнь 2007	130.00	612.00	153.0		
6	3	июль-сент 2007	112.00	682.00	170.5	=(E5+E6)/2	
7	4	окт-дек 2007	200.00	762.00	190.5		
8	5	янв-март 2008	240.00	820.00	205.0		
9	6	апр-июнь 2008	210.00	894.00	223.5		
10	7	июль-сент 2008	170.00	974.00	243.5		
11	8	окт-дек 2008	274.00	1054.00	263.5		
12	9	янв-март 2009	320.00	1144.00	286.0		
13	10	апр-июнь 2009	290.00	1220.00	305.0		
14	11	июль-сент 2009	260.00	1290.00	322.5		
15	12	окт-дек 2009	350.00				
16	13	янв-март 2010	390.00				

Рисунок 1.17 – Расчет центрированной скользящей средней

Разность между фактическим значением объема продаж и центрированной скользящей средней и будет составлять **величину сезонной компоненты и ошибки**.

1	A	B	C	D	E	F	G
2	1	2	3	4	5	6	7=3-6
3	№	t	Q	Итого за 4 квартала	Скользящее среднее за 4 квартала	Центрированная скользящая средняя	Оценка сезонной компоненты
4	1	янв-март 2007	170.00				
5	2	апр-июнь 2007	130.00	612.00	153.0		
6	3	июль-сент 2007	112.00	682.00	170.5	161.75	=C6-F6
7	4	окт-дек 2007	200.00	762.00	190.5	180.50	
8	5	янв-март 2008	240.00	820.00	205.0	197.75	
9	6	апр-июнь 2008	210.00	894.00	223.5	214.25	
10	7	июль-сент 2008	170.00	974.00	243.5	233.50	
11	8	окт-дек 2008	274.00	1054.00	263.5	253.50	
12	9	янв-март 2009	320.00	1144.00	286.0	274.75	
13	10	апр-июнь 2009	290.00	1220.00	305.0	295.50	
14	11	июль-сент 2009	260.00	1290.00	322.5	313.75	
15	12	окт-дек 2009	350.00				
16	13	янв-март 2010	390.00				

Рисунок 1.18 – Оценка сезонной компоненты

Далее необходимо рассчитать **средние значения сезонной компоненты**. Расчет проведем в следующей таблице:

	A	B	C	D	E	F	G
18							
19		Год	Номер квартала				
20			1	2	3	4	
21		2007			=G6	=G7	
22		2008	=G8	=G9	=G10	=G11	
23		2009	=G12	=G13	=G14		
24		Итого	=СУММ(D21:D23)	=СУММ(E21:E23)	=СУММ(F21:F23)	=СУММ(G21:G23)	
25		Среднее значение	=СРЗНАЧ(D21:D23)	=СРЗНАЧ(E21:E23)	=СРЗНАЧ(F21:F23)	=СРЗНАЧ(G21:G23)	
26		Скорректированная сезонная компонента	=D25-\$H\$25/4	=E25-\$H\$25/4	=F25-\$H\$25/4	=G25-\$H\$25/4	

Рисунок 1.19 – Логика расчета скорректированных значений сезонных компонент

Сумма сезонных компонент за четыре квартала должна быть равна нулю. Если это условие не выполняется, то значения сезонных компонент необходимо скорректировать. Например, сумма сезонных компонент = - 0,2. Делим эту величину на 4 квартала (-0,2 / 4 = -0,05) и полученный результат прибавляем к каждой компоненте с противоположным знаком.

	A	B	C	D	E	F	G	H
19		Год	Номер квартала					
20			1	2	3	4		
21		2007			-49.75	19.50		
22		2008	42.25	-4.25	-63.50	20.50		
23		2009	45.25	-5.50	-53.75			
24		Итого	87.50	-9.75	-167.00	40.00		
25		Среднее значение	43.75	-4.88	-55.67	20.00	3.21	
26		Скорректированная сезонная компонента	42.95	-5.68	-56.47	19.20	0.00	

Рисунок 1.20 – Расчет скорректированных значений сезонных компонент

На этом расчет сезонных компонент окончен. Переходим к шагу 2.

ШАГ 2

Десезонализация данных. Расчет тренда.

Десезонализация данных состоит в вычитании значений сезонной компоненты из фактических значений: $Q - S = T + E$

	A	B	C	D	E
28					
29	№	t	Фактический объем продаж Q	Сезонная компонента S	Десезонализированный объем продаж Q - S = T + E
30	1	январь-март 2007	170.00	42.95	=C30-D30
31	2	апрель-июнь 2007	130.00	-5.68	
32	3	июль-сентябрь 2007	112.00	-56.47	
33	4	октябрь-декабрь 2007	200.00	19.20	
34	5	январь-март 2008	240.00	42.95	
35	6	апрель-июнь 2008	210.00	-5.68	
36	7	июль-сентябрь 2008	170.00	-56.47	
37	8	октябрь-декабрь 2008	274.00	19.20	
38	9	январь-март 2009	320.00	42.95	
39	10	апрель-июнь 2009	290.00	-5.68	
40	11	июль-сентябрь 2009	260.00	-56.47	
41	12	октябрь-декабрь 2009	350.00	19.20	
42	13	январь-март 2010	390.00	42.95	
43	14	апрель-июнь 2010			

Рисунок 1.21 – Десезонализация данных

Формулу, введенную в ячейку E30 необходимо растянуть на диапазон (E31:E42). Полученные оценки можно использовать для построения тренда.

На основе данных десезонализированного ряда необходимо построить набор трендовых моделей (линейную, степенную, экспоненциальную, логарифмическую) и выбрать трендовую модель, обеспечивающую наибольшую точность аппроксимации (R^2).

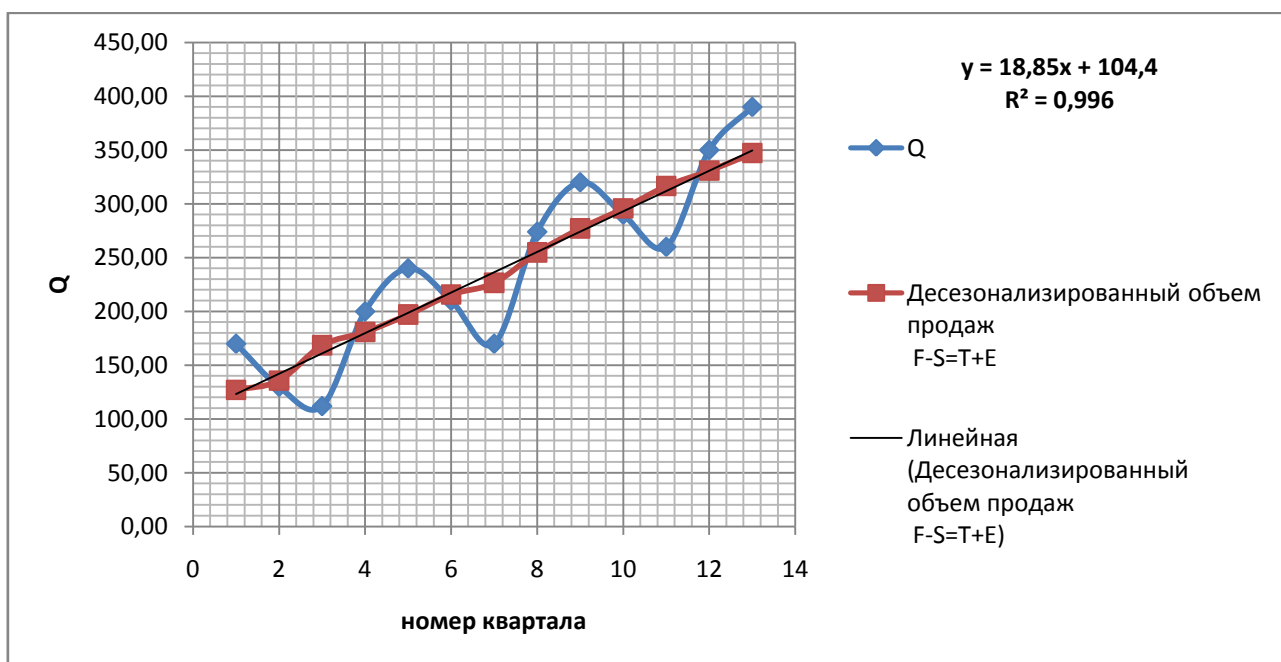


Рисунок 1.22 – Линейная трендовая модель

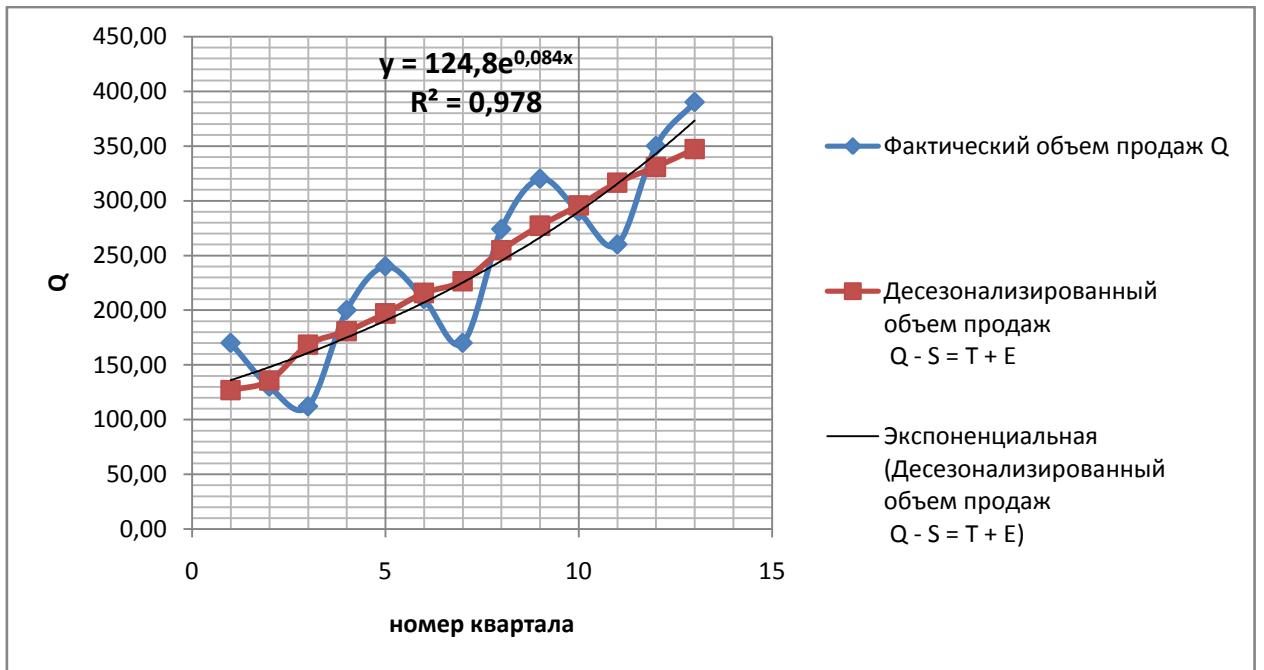


Рисунок 1.23 – Экспоненциальная трендовая модель

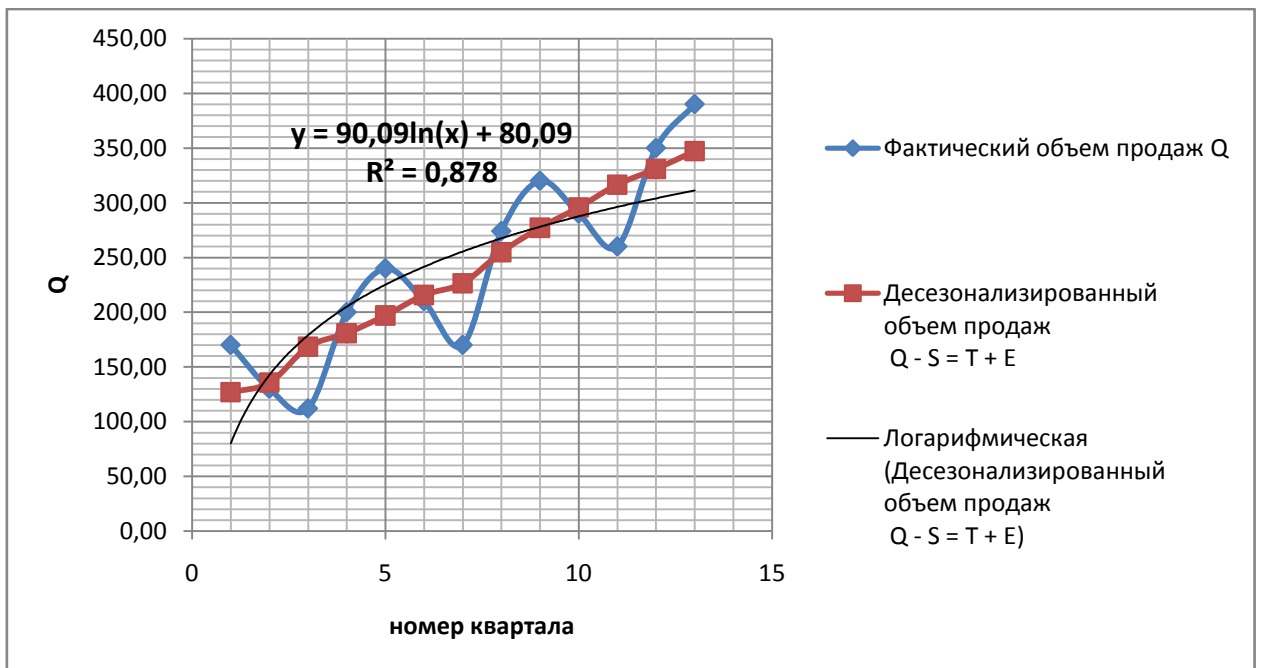


Рисунок 1.24– Логарифмическая трендовая модель

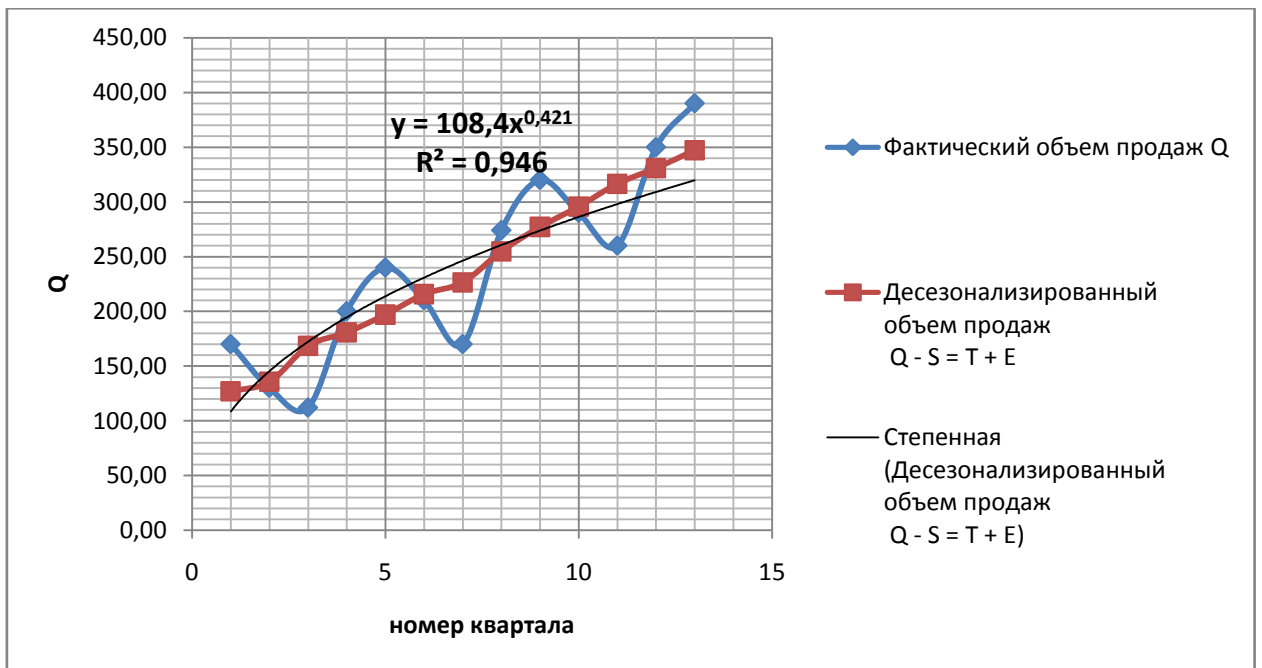


Рисунок 1.25 – Степенная трендовая модель

Из рисунков 1.21-1.25 видно, что наибольшая точность аппроксимации достигается в линейной трендовой модели. Для определения трендовой составляющей в полученное уравнение вместо x необходимо подставить порядковый номер квартала.

	A	B	C	D	E	F
45						
	№	t	Объем продаж (фактич) Q	Сезонная компонента (S)	Трендовое значение (T)	Прогнозное значение (F)
46						
47	1	янв-март 2007	170.00	42.95	123.25	=D47+E47
48	2	апр-июнь 2007	130.00	-5.68	142.10	
49	3	июль-сент 2007	112.00	-56.47	160.95	
50	4	окт-дек 2007	200.00	19.20	179.80	
51	5	янв-март 2008	240.00	42.95	198.65	
52	6	апр-июнь 2008	210.00	-5.68	217.50	
53	7	июль-сент 2008	170.00	-56.47	236.35	
54	8	окт-дек 2008	274.00	19.20	255.20	
55	9	янв-март 2009	320.00	42.95	274.05	
56	10	апр-июнь 2009	290.00	-5.68	292.90	
57	11	июль-сент 2009	260.00	-56.47	311.75	
58	12	окт-дек 2009	350.00	19.20	330.60	
59	13	янв-март 2010	390.00	42.95	349.45	
60	14	апр-июнь 2010		-5.68	=18.85*A60+104.4	

Рисунок 1.26 – Определение прогнозируемых значений

Построенная модель позволяет определить прогнозируемый объем продаж. Он равен сумме сезонной и трендовой составляющих.

Шаг 3 Расчет ошибок. Оценка точности прогноза

Аддитивная модель имеет вид:

$$Q = T + S + E. \quad (1.8)$$

Значения сезонной и трендовой составляющих уже найдены. Вычитая эти значения из фактических объемов продаж, получим значения ошибок.

$$Q - T - S = E. \quad (1.9)$$

	A	B	C	D	E	F	G
45							
	№	t	Фактический объем продаж (Q)	Сезонная компонента (S)	Трендовое значение (T)	Прогнозное значение (F)	Ошибка Q-S-T=E
46							
47	1	январь-март 2007	170.00	42.95	123.25	166.20	=C47-D47-E47
48	2	апрель-июнь 2007	130.00	-5.68	142.10	136.42	
49	3	июль-сентябрь 2007	112.00	-56.47	160.95	104.48	
50	4	октябрь-декабрь 2007	200.00	19.20	179.80	199.00	
51	5	январь-март 2008	240.00	42.95	198.65	241.60	
52	6	апрель-июнь 2008	210.00	-5.68	217.50	211.82	
53	7	июль-сентябрь 2008	170.00	-56.47	236.35	179.88	
54	8	октябрь-декабрь 2008	274.00	19.20	255.20	274.40	
55	9	январь-март 2009	320.00	42.95	274.05	317.00	
56	10	апрель-июнь 2009	290.00	-5.68	292.90	287.22	
57	11	июль-сентябрь 2009	260.00	-56.47	311.75	255.28	
58	12	октябрь-декабрь 2009	350.00	19.20	330.60	349.80	
59	13	январь-март 2010	390.00	42.95	349.45	392.40	
60	14	апрель-июнь 2010		-5.68	368.30	362.62	

Рисунок 1.27 – Расчет ошибки

Для оценки точности прогноза рассчитывают следующие показатели:

1. Среднее абсолютное отклонение (MAD – mean absolute derivation)

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |\Delta_t|}{n} = \frac{\sum_{t=1}^n |y_t - \hat{y}_t|}{n}, \quad (1.10)$$

где n – число уровней временного ряда, для которых определялось прогнозное значение,

\hat{y}_t – прогнозное значение показателя,

y_t – фактическое значение.

Использование этой характеристики полезно в тех случаях, когда исследователю требуется получить оценку точности в тех же единицах, в которых измерены уровни исходного временного ряда.

Среднее абсолютное отклонение показывает, на какое количество единиц измерения (кол-во пользователей, тыс.руб. и т.д.) в среднем отклоняется в большую или меньшую сторону наш прогноз. Позволяет определить ошибку в конкретных единицах измерения.

2. Средняя ошибка аппроксимации (MAPE – mean absolute percentage error)

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right| \cdot 100\% \quad (1.11)$$

Значение MAPE характеризует величину, на которую теоретические уровни, рассчитанные по модели, в среднем отклоняются от фактических. Для получения вывода о точности прогноза может быть использована следующая шкала (см.табл.1.8).

Таблица 1.8 - Оценка точности прогноза по критерию MAPE

Значение средней абс. ошибки в процентах (MAPE)	Точность прогнозной модели
Менее 10%	Очень высокая
10-20%	Высокая
20-50%	Удовлетворительная
Более 50%	Неудовлетворительная

3. Средняя процентная ошибка (MPE – mean percentage error)

используется для оценки смещения прогноза, т.е. получения информации о том, является ли прогноз переоценивающим или недооценивающим.

$$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \cdot 100\% \quad (1.12)$$

если $MPE < 0$, прогноз **переоценивающий** (характерно систематическое завышение прогнозируемого показателя по сравнению с фактическими значениями)

$MPE > 0$, прогноз **недооценивающий** (характерно занижение показателя).

Кроме того, при выборе лучшего метода прогнозирования часто используют среднеквадратическую ошибку (MSE - **mean squared errors**).

4. Среднеквадратическая ошибка (MSE – mean squared errors)

$$MSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{n}} \quad (1.13)$$

Для оценки точности модели рекомендуется создать следующую расчетную таблицу:

	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	Фактический объем продаж (Q)	Сезонная компонента (S)	Трендовое значение (T)	Прогнозно е значение (F)	Ошибка Q-S-T=E	E	E /Q	E ²	(Q-F)/Q
46									
47	170.00	42.95	123.25	166.20	3.80	=ABS(G47)	=H47/C47	=G47^2	=(C47-F47)/C47
48	130.00	-5.68	142.10	136.42	-6.42				
49	112.00	-56.47	160.95	104.48	7.52				
50	200.00	19.20	179.80	199.00	1.00				
51	240.00	42.95	198.65	241.60	-1.60				
52	210.00	-5.68	217.50	211.82	-1.82				
53	170.00	-56.47	236.35	179.88	-9.88				
54	274.00	19.20	255.20	274.40	-0.40				
55	320.00	42.95	274.05	317.00	3.00				
56	290.00	-5.68	292.90	287.22	2.78				
57	260.00	-56.47	311.75	255.28	4.72				
58	350.00	19.20	330.60	349.80	0.20				
59	390.00	42.95	349.45	392.40	-2.40				
60		-5.68	368.30	362.62					

Рисунок 1.28 – Оценка точности прогноза

Для определения абсолютного значения показателя (модуля) рекомендуется использовать встроенную функцию MS Excel ABS(...). Формулы необходимо растянуть на весь диапазон ячеек, определить сумму по каждому столбцу и затем итоговое значение показателей точности.

Для расчета среднеквадратической ошибки рекомендуется воспользоваться формулой:

$$=\text{КОРЕНЬ}(\text{СУММКВРАЗН}(C47:C59;F47:F59)/13)$$

	C	D	E	F	G	H	I	J	K
45									
46	Фактический объем продаж (Q)	Сезонная компонента (S)	Трендовое значение (T)	Прогнозное значение (F)	E	 E 	 E /Q	E²	(Q-F)/Q
47	170,00	42,95	123,25	166,20	3,80	3,80	0,02	14,46	0,02237
48	130,00	-5,68	142,10	136,42	-6,42	6,42	0,05	41,25	-0,04941
49	112,00	-56,47	160,95	104,48	7,52	7,52	0,07	56,53	0,06713
50	200,00	19,20	179,80	199,00	1,00	1,00	0,01	1,00	0,00501
51	240,00	42,95	198,65	241,60	-1,60	1,60	0,01	2,55	-0,00666
52	210,00	-5,68	217,50	211,82	-1,82	1,82	0,01	3,32	-0,00868
53	170,00	-56,47	236,35	179,88	-9,88	9,88	0,06	97,64	-0,05813
54	274,00	19,20	255,20	274,40	-0,40	0,40	0,00	0,16	-0,00145
55	320,00	42,95	274,05	317,00	3,00	3,00	0,01	9,01	0,00938
56	290,00	-5,68	292,90	287,22	2,78	2,78	0,01	7,71	0,00958
57	260,00	-56,47	311,75	255,28	4,72	4,72	0,02	22,27	0,01815
58	350,00	19,20	330,60	349,80	0,20	0,20	0,00	0,04	0,00058
59	390,00	42,95	349,45	392,40	-2,40	2,40	0,01	5,75	-0,00615
60		-5,68	368,30	362,62					
61					СУММА	45,54	0,26	261,70	0,00172
62						MAD	MAPE	MSE	MPE
63						3,50	2,02%	4,49	0,013%
64									

Рисунок 1.29 – Результат оценки точности прогноза

По результатам выполненных расчетов на основе аддитивной модели можно сделать следующие выводы:

- в среднем прогнозируемый объем продаж отклоняется от фактического в большую или в меньшую сторону на 3,5 тыс.руб.;
- средняя ошибка аппроксимации (МАРЕ) составляет 2,02%, что говорит о высокой точности аддитивной модели,
- средняя процентная ошибка (МРЕ) близка к нулю (составляет 0,013%), что означает незначительное занижение показателя. В целом прогноз близок к несмещенному. Прогнозируемый объем продаж на следующий (14-ый) квартал составит 362,62 т.р.

Рассмотрим алгоритм построения прогноза на основе модели с мультипликативной компонентой

1.3.5 Модель с мультипликативной компонентой

Применение мультипликативных моделей обусловлено тем, что в некоторых временных рядах значение сезонной компоненты представляет собой определенную долю трендового значения. Мультипликативная модель в общем виде может быть представлена в виде формулы:

$$F = T * S * E, \quad (1.14)$$

T – трендовая составляющая,
 S – сезонная составляющая,
 E – случайная составляющая (ошибка прогноза)

Алгоритм построения модели с мультипликативной компонентой во многом схож с предыдущим. В процессе разработки мультипликативной модели также необходимо определить сезонную компоненту. Сезонная компонент будет определяться как отношение фактического объема продаж к централизованной скользящей средней.

Шаг 1 Расчет значений сезонной компоненты

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2	1	2	3	4	5	6	7=3/6
3	№	t	Q	Итого за 4 квартала	Скользящее среднее за 4 квартала	Центрированная скользящая средняя	Оценка сезонной компоненты
4	1	янв-март 2007	170.00				
5	2	апр-июнь 2007	130.00	612.00	153.0		
6	3	июль-сент 2007	112.00	682.00	170.5	161.75	=C6/F6
7	4	окт-дек 2007	200.00	762.00	190.5	180.50	
8	5	янв-март 2008	240.00	820.00	205.0	197.75	
9	6	апр-июнь 2008	210.00	894.00	223.5	214.25	
10	7	июль-сент 2008	170.00	974.00	243.5	233.50	
11	8	окт-дек 2008	274.00	1054.00	263.5	253.50	
12	9	янв-март 2009	320.00	1144.00	286.0	274.75	
13	10	апр-июнь 2009	290.00	1220.00	305.0	295.50	
14	11	июль-сент 2009	260.00	1290.00	322.5	313.75	
15	12	окт-дек 2009	350.00				
16	13	янв-март 2010	390.00				

Рисунок 1.30 – Расчет сезонной компоненты

Далее необходимо рассчитать средние значения сезонной компоненты. Т.к. значения сезонной компоненты в мультипликативной модели – это доли, а число кварталов равно 4, то сумма сезонных компонент должна быть равна 4. Если это условие не выполняется, то необходимо выполнить корректировку. Например, сумма сезонных компонент = 4,014
 Разница между фактическим значением и нормативным делится на 4 и прибавляется к каждой компоненте.

	B	C	D	E	F	G	H	I
18								
19	Год	Номер квартала						
20		1	2	3	4			
21	2007			=G6	=G7			
22	2008	=G8	=G9	=G10	=G11			
23	2009	=G12	=G13	=G14				
24	Итого	=СУММ(D21:D23)	=СУММ(E21:E23)	=СУММ(F21:F23)	=СУММ(G21:G23)			
25	Среднее значение	=СРЗНАЧ(D21:D23)	=СРЗНАЧ(E21:E23)	=СРЗНАЧ(F21:F23)	=СРЗНАЧ(G21:G23)	=СУММ(D25:G25)	=4*H25	
26	Скорректированная сезонная компонента	=D25+SI\$25/4	=E25+SI\$25/4	=F25+SI\$25/4	=G25+SI\$25/4	=СУММ(D26:G26)		

Рисунок 1.31 – Расчет скорректированных значений сезонных компонент

Результат представлен на рис.1.32.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
18									
19	Год	Номер квартала							
20		1	2	3	4				
21	2007			0.692	1.108				
22	2008	1.214	0.980	0.728	1.081				
23	2009	1.165	0.981	0.829					
24	Итого	2.378	1.962	2.249	2.189				
25	Среднее значение	1.189	0.981	0.750	1.094	4.014	-0.014		
26	Скорректированная сезонная	1.186	0.977	0.746	1.091	4.000			

Рисунок 1.32 – Результат расчетов

На этом расчет сезонных компонент закончен. Переходим к шагу 2.

Шаг 2

Десезонализация данных. Расчет тренда.

	A	B	C	D	E
28					
29	№	t	Фактический объем продаж Q	Сезонная компонента S	Десезонализированный объем продаж Q : S = T * E
30	1	январь-март 2007	170.00	1.186	=C30/D30
31	2	апрель-июнь 2007	130.00	0.977	
32	3	июль-сентябрь 2007	112.00	0.746	
33	4	октябрь-декабрь 2007	200.00	1.091	
34	5	январь-март 2008	240.00	1.186	
35	6	апрель-июнь 2008	210.00	0.977	
36	7	июль-сентябрь 2008	170.00	0.746	
37	8	октябрь-декабрь 2008	274.00	1.091	
38	9	январь-март 2009	320.00	1.186	
39	10	апрель-июнь 2009	290.00	0.977	
40	11	июль-сентябрь 2009	260.00	0.746	
41	12	октябрь-декабрь 2009	350.00	1.091	
42	13	январь-март 2010	390.00	1.186	
43	14	апрель-июнь 2010			

Рисунок 1.33 – Расчет десезонализированного объема продаж

Далее на основе данных десеонализированного объема продаж строятся трендовые модели различного вида (линейная, степенная, экспоненциальная, логарифмическая) и выбирается модель с наибольшим значением коэффициента детерминации. Эта модель и будет использоваться для расчета трендового значения (Т). В результате проведенных расчетов установлено, что наиболее точной является линейная трендовая модель ($R^2=0,959$).

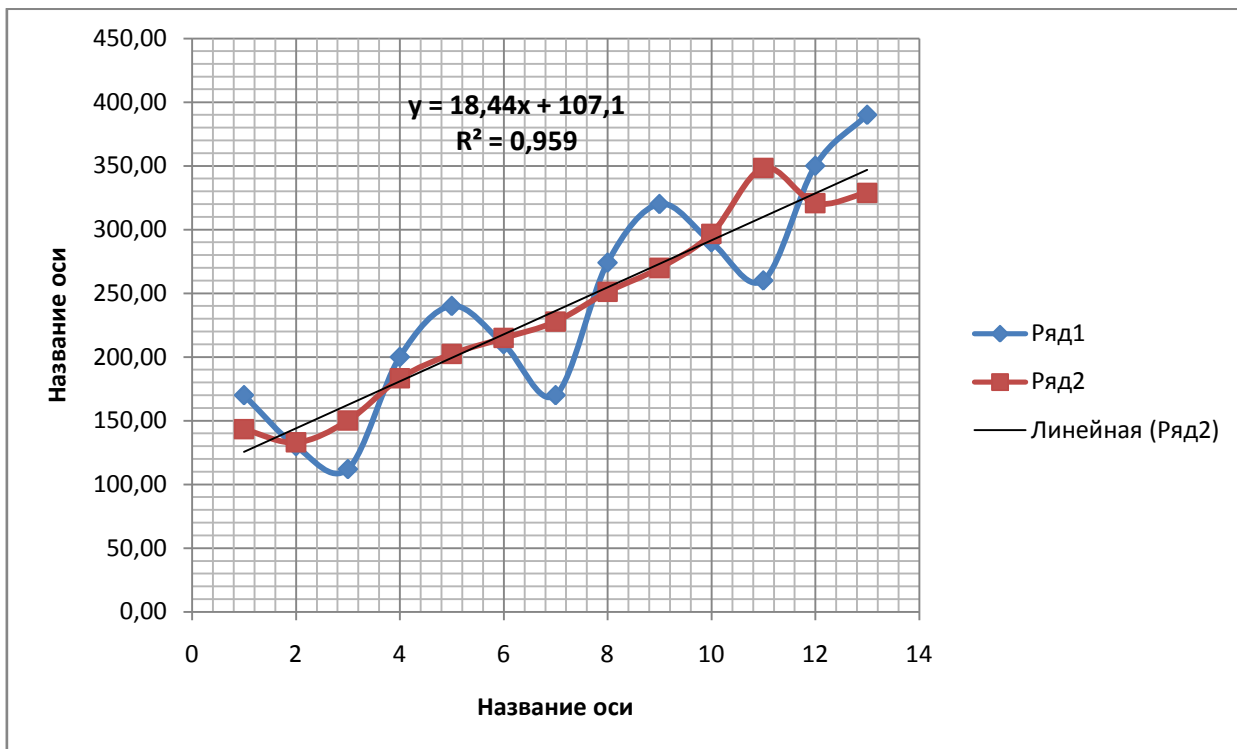


Рисунок 1.34 – Линейная трендовая модель

Прогнозные значения объема продаже (F) рассчитывается путем произведения соответствующего значения сезонной компоненты (S) и трендовых значений (Т). Дальнейший расчет показателей, характеризующих точность прогноза, выполняются аналогично расчетам модели с аддитивной компонентой. Расчеты рекомендуется выполнять в форме таблицы (см.рис.1.35)

	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
45										
46	Фактический объем продаж (Q)	Сезонная компонента (S)	Трендовое значение (T)	Прогнозное значение (F)	E	 E 	 E /Q	E²	(Q-F)/Q	
47	170,00	1,19	125,54	148,85	21,15	21,15	0,12	447,50	0,1244	
48	130,00	0,98	143,98	140,70	-10,70	10,70	0,08	114,57	-0,0823	
49	112,00	0,75	162,42	121,20	-9,20	9,20	0,08	84,57	-0,0821	
50	200,00	1,09	180,86	197,30	2,70	2,70	0,01	7,27	0,0135	
51	240,00	1,19	199,30	236,30	3,70	3,70	0,02	13,70	0,0154	
52	210,00	0,98	217,74	212,79	-2,79	2,79	0,01	7,76	-0,0133	
53	170,00	0,75	236,18	176,24	-6,24	6,24	0,04	38,88	-0,0367	
54	274,00	1,09	254,62	277,77	-3,77	3,77	0,01	14,21	-0,0138	
55	320,00	1,19	273,06	323,75	-3,75	3,75	0,01	14,08	-0,0117	
56	290,00	0,98	291,50	284,87	5,13	5,13	0,02	26,35	0,0177	
57	260,00	0,75	309,94	231,27	28,73	28,73	0,11	825,16	0,1105	
58	350,00	1,09	328,38	358,24	-8,24	8,24	0,02	67,84	-0,0235	
59	390,00	1,19	346,82	411,21	-21,21	21,21	0,05	449,65	-0,0544	
60	0,00	0,98	365,26	356,95						
61					СУММА		127,29	0,60	2 111,54	-0,03625
62						MAD	MAPE	MSE	MPE	
63						9,79	4,61%	162,43	-0,28%	

Рисунок 1.35 – Оценка точности прогноза

Таким образом, наибольшая точность достигается в случае использования модели с аддитивной компонентой.

1.3.6 Выбор объектов прогнозирования и уровня детализации

Один из наиболее сложных вопросов в области прогнозирования заключается в выборе объекта исследования и уровня детализации. При этом необходимо определить будут ли прогнозироваться обобщающие показатели, характеризующие финансовый результат организации или необходимо составлять прогнозы факторных переменных. Более детальные прогнозы имеют безусловное аналитическое преимущество, однако требуют больших трудовых и финансовых затрат. Для выбора уровня детализации могут быть использованы метод ABC и XYZ-анализа.

Метод ABC-анализа основан на делении определенной совокупности объектов по удельному весу каждой группы, определяемому по тому или иному выбранному показателю. ABC-анализ основан на принципе Парето, который означает, что 20% усилий дают 80% результата, а остальные 80% усилий - лишь 20% результата.

Число групп при проведении ABC-анализа может быть любым, но наибольшее распространение получило деление рассматриваемой совокупности на три группы: А, В и С (75:20:5), чем и обусловлено название метода (ABC-Analysis).

Группа А включает незначительное число объектов с высоким уровнем удельного веса по выбранному показателю, **группа В** - среднее число объектов со средним уровнем удельного веса по выбранному показателю, **группа С** - большое число объектов с незначительной величиной удельного веса по выбранному показателю.

Экономический смысл применения АВС-анализа в прогнозных исследованиях сводится к сокращению трудоемкости. Необходимо наиболее тщательным образом прогнозировать товары и услуги, относящиеся к группе А. Таким образом может быть достигнут максимальный эффект при минимальных затратах. Алгоритм проведения АВС-анализа может быть представлен в виде следующего алгоритма:

1. Определение цели анализа
2. Определение объектов анализа
3. Определение параметра для дифференциации объектов
4. Сортировка объектов анализа в порядке убывания значения параметра.
5. Деление на группы А, В и С.

Для определения принадлежности выбранного объекта к группе необходимо:

- определить долю каждого объекта,
- рассчитать кумулятивную долю,
- присвоить значения групп выбранным объектам.

6. Интерпретация результатов

Для выделения групп объектов (А, В, С) могут быть использованы различные подходы, наиболее распространенными же являются эмпирический подход и метод касательных. Эмпирический подход заключается в разделении объектов на группы на основе усредненных результатов ранее проведенных исследований, наиболее распространенным является разделение на группы, представленные в таблице 1.9.

Таблица 1.9 - Разбиение объектов анализа на группы

Наименование группы	Характеристика диапазона
Группа А	Включает примерно 15% объектов, которые определяют 75% результата.
Группа В	35% объектов, которые обеспечивают до 20% результата
Группа С	Около 50% объектов, которые обеспечивают 5% результата

Для разбиения на группы также может быть использован метод касательных, предложенный Лукинским В.С. Предполагает выполнение следующие последовательности действий:

Этап 1 - На основе данных таблицы отсортированной по убыванию построим кумулятивную кривую.

Этап 2 – Соединим начало и окончание графика прямой OZ.

Этап 3 – Проведем касательную к кривой ABC, параллельную прямой OZ. Точка касания N разделит группы A и B.

Этап 4 - Теперь соединим точки N и Z и проведем касательную к кривой ABC-анализа, параллельную NZ. Точка касания K разделяет группы B и C.

Преимущество метода в его гибкости, простоте и наглядности. Недостатком можно назвать сложность его автоматизации.

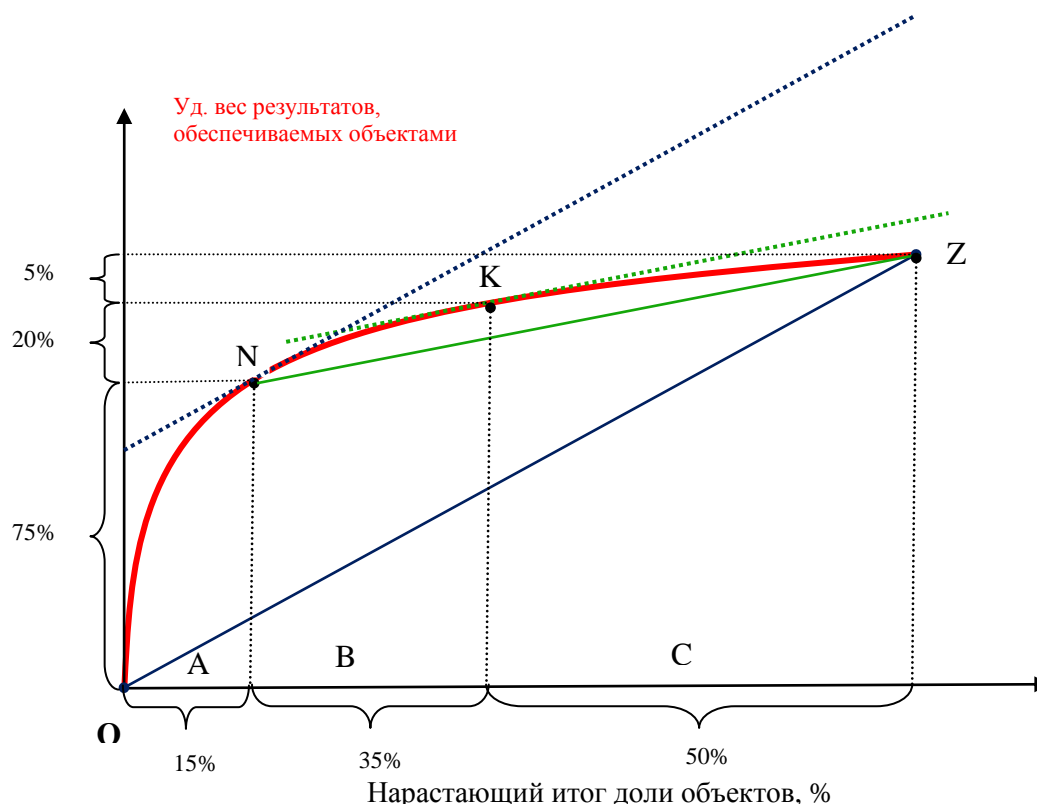


Рисунок 1.36 – Графическая иллюстрация метода касательных

Одновременно с ABC используется XYZ-анализ. Основная идея XYZ-анализа состоит в группировании объектов по стабильности спроса, оцениваемого коэффициентом вариации.

$$v = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}}{\bar{x}} \times 100\% \quad (1.15)$$

Коэффициент вариации рассчитывается по формуле 1.15, в которой участвуют:

- значение параметра по оцениваемому объекту за каждый интервал;
- среднее значение параметра по оцениваемому объекту анализа за указанный период;
- число интервалов указанного периода.

В качестве параметра как правила выступает объем продаж. Результатом XYZ –анализа является группировка товаров по трем категориям, исходя из стабильности их поведения:

- **категория X** – это группа товаров, характеризующиеся стабильной величиной потребления и высокой степенью прогнозирования. Коэффициент вариации не превышает 10%;
- **категория Y** включает объекты с колебанием продаж от 10 до 25%;
- к **категории Z** относятся объекты с нерегулярным спросом, значение коэффициента вариации по которым превышает 25%.

Объединение результатов ABC и XYZ-анализа позволяет сформировать эффективные решения для каждой типовой группы. Для прогнозирования спроса на товары групп AX, VX и CX рекомендуется использовать количественные методы. Группы AY, BY, CY характеризуются нерегулярным спросом, что обуславливает необходимость использования комбинированных методик прогнозирования, основанных на сочетании математических подходов и интуитивно-логического анализа, прогнозирование объектов категорий AZ, BZ, CZ целесообразно применять экспертный подход.

Рассмотрим возможность практической реализации методов ABC, XYZ- анализа в среде MS Excel.

Алгоритм реализации методов ABC, XYZ - анализа в среде MS Excel

1. Составить таблицу с исходными данными

Таблица 1.10 – Исходные данные

Наименование товара	Объем продаж, т.р.			ИТОГО за 1 квартал
	январь	Февраль	март	
1	2	3	4	5
ноутбук Toshiba A660-181	945 410.92	961 148.68	1 036 132.97	
ноутбук Toshiba L670-15M	984 796.00	872 978.40	1 047 182.10	
ноутбук Toshiba L655-14J	866 785.29	1 042 062.57	937 396.89	
ноутбук HP Compaq Mini CQ10	821 998.10	942 604.80	1 041 031.60	
ноутбук HP Mini 210-2000er	830 358.20	911 174.76	856 087.00	
ноутбук HP Mini 110-3100er	729 068.66	884 821.50	889 985.60	
ноутбук Acer AOD255-2BQrr	736 085.73	826 247.79	921 645.90	
ноутбук Acer AO753-U341ss	389 240.54	547 760.20	1 075 447.80	
ноутбук Acer AOD255-2BQrr	429 478.60	741 863.40	572 784.70	
ноутбук Acer AO532H-2DBK	493 860.30	649 020.40	530 318.50	
ноутбук Sony VPC-M13M1R/P	338 511.40	599 182.70	734 636.80	
ноутбук Sony VPC-M13M1R/L	441 274.69	607 812.93	623 102.74	
ноутбук Sony VPC-M13M1R	477 330.84	696 157.22	438 818.95	
ноутбук Asus EeePC 1001PX	505 559.90	468 336.70	492 033.80	
ноутбук Asus EeePC 900AX	322 333.90	406 149.40	528 966.60	
ноутбук Asus EeePC 1001PX	251 226.62	344 745.52	533 520.26	
ноутбук Samsung N150-KA02	541 881.60	193 549.90	384 810.42	
ноутбук Samsung N145-JP01	280 140.00	333 625.00	381 965.00	
ноутбук Samsung N150-JP04	278 859.70	296 152.90	388 759.80	
ноутбук Samsung N150-JP01	361 660.00	345 546.10	249 920.80	
ноутбук eMachines 250-01G16i	254 094.50	234 383.40	316 476.40	
электронная книга iRiver Story EB02	197 041.70	188 686.70	233 503.80	
электронная книга ViewSonic VEB620-B	172 143.70	153 479.60	211 204.40	
электронная книга PocketBook 301	128 116.00	183 171.70	215 736.00	
коммуникатор Acer E101	148 111.80	147 255.80	163 568.20	
телеприемник TV-tuner Beholder	93 629.70	79 715.30	123 497.10	
веб-камера Logitech WebCam C120	2 124.40	2 174.00	2 476.30	
веб-камера Genius Eye 312	3 170.00	2 784.60	3 288.40	
веб-камера Genius iSlim 1320	2 031.90	2 726.30	3 301.40	
веб-камера Microsoft LifeCam	2 545.50	2 606.00	2 779.90	
принтер Samsung ML-1665	62 963.50	66 624.10	61 495.40	
принтер HP LaserJet P2055dn	54 725.90	56 390.40	56 983.10	
принтер Xerox Phaser 3140	71 144.30	70 394.40	68 845.10	
принтер HP LJ P4515	61 838.60	65 138.20	64 405.90	
принтер HP Color LJ CP1215	55 044.30	62 365.30	68 626.60	
принтер Samsung CLP-325	23 337.20	17 756.50	16 531.70	
принтер Epson S22	42 401.70	46 896.80	38 200.90	
сканер Epson Perfection V330 Photo	93 924.10	82 654.10	94 895.70	
сканер HP ScanJet 5590C (L1910A)	38 363.90	39 740.30	41 536.60	
клавиатура Genius SlimStar 330, Multimedia	8 150.00	8 850.00	9 769.00	
клавиатура Genius KB06X	11 357.89	14 979.00	16 496.10	
клавиатура Genius KB110	14 638.40	17 561.20	14 244.70	

Окончание табл.1.10

1	2	3	4	5
клавиатура Genius G235	13 178.70	11 048.80	15 531.50	
клавиатура Genius LuxeMate 325B	9 019.31	10 111.80	9 672.30	
клавиатура Genius SlimStar 335	7 270.00	5 180.00	5 059.00	
клавиатура Genius SlimStar 320	5 765.00	5 645.00	5 340.00	
клавиатура Logitech DeLuxe 250	9 751.70	8 616.70	7 534.00	
клавиатура Mitsumi Classic KFK-EA4XY	7 030.00	8 950.00	8 230.00	
мышь Asus UT200 Optical USB Black	2 437.00	2 474.10	2 134.30	
мышь Asus WT400 Cordless	3 425.50	3 860.10	2 875.00	
мышь Asus BX700 Bluetooth Laser	2 183.20	3 151.70	3 679.80	
мышь Asus GX800 Laser USB	8 772.00	9 003.80	9 729.20	
мышь Genius NetScroll 110 Optical	9 545.90	9 924.30	12 726.80	
мышь Genius Xscroll Optical	2 063.20	5 419.40	6 746.30	
мышь Genius NetScroll 100X Optical	3 222.00	4 226.40	3 380.30	
пульт ДУ Genius Media Pointer	6 099.79	8 494.45	7 039.75	
мышь Logitech B110 Optical Mouse	7 136.40	8 720.90	8 424.50	
мышь Logitech LS1 Laser Mouse	3 849.70	3 707.70	4 240.00	
мышь Logitech RX1000 Laser	7 576.75	5 710.04	6 072.15	
мышь Microsoft Wireless Mobile Mouse 3500	10 828.60	11 063.20	12 361.60	
мышь Microsoft Arc, беспроводная	5 032.44	5 423.45	7 622.07	
геймпад Genius G-08XU	2 055.00	2 525.10	1 635.70	
геймпад Genius MaxFire Grandias	4 256.80	4 582.00	6 008.20	
руль Genius Speed Wheel 3 с виброотдачей	1 359.70	1 152.90	959.80	
руль Genius Speed Wheel 5 Pro	998.10	604.80	1 031.60	
руль Genius Speed Wheel RV	1 085.73	1 247.79	945.90	

2. Определить суммарный объем продаж за 1 квартал по каждому объекту и общий объем продаж за квартал по всем объектам с помощью функции =СУММ (ссылка)

	A	B	C	D	E
1	Наименование товара	Объем продаж, т.р.			ИТОГО за 1 квартал
2		январь	февраль	март	
3	ноутбук Toshiba A660-181	945 410.92	961 148.68	1 036 132.97	=СУММ(B3:D3)
4	ноутбук Toshiba L670-15M	984 796.00	872 978.40	1 047 182.10	2 904 956.50
69	ИТОГО				42 700 212.20

Рисунок 1.37 – Расчет суммарного объема продаж

3. Определить долю каждого объекта в общем обороте

	A	B	C	D	E	F
1	Наименование товара	Объем продаж, т.р.			ИТОГО за 1 квартал	Доля в общем обороте
2		январь	февраль	март		
3	ноутбук Toshiba A660-181	945 410.92	961 148.68	1 036 132.97	2 942 692.57	=E3/SE\$69
4	ноутбук Toshiba L670-15M	984 796.00	872 978.40	1 047 182.10	2 904 956.50	
69	ИТОГО				42 700 212.20	

Рисунок 1.38 – Расчет доли в общем обороте

4. Отсортировать таблицу по убыванию по критерию «Доля в общем обороте». Для этого необходимо выделить область таблицы, зайти в раздел «ДАННЫЕ» и выбрать пункт «СОРТИРОВКА».

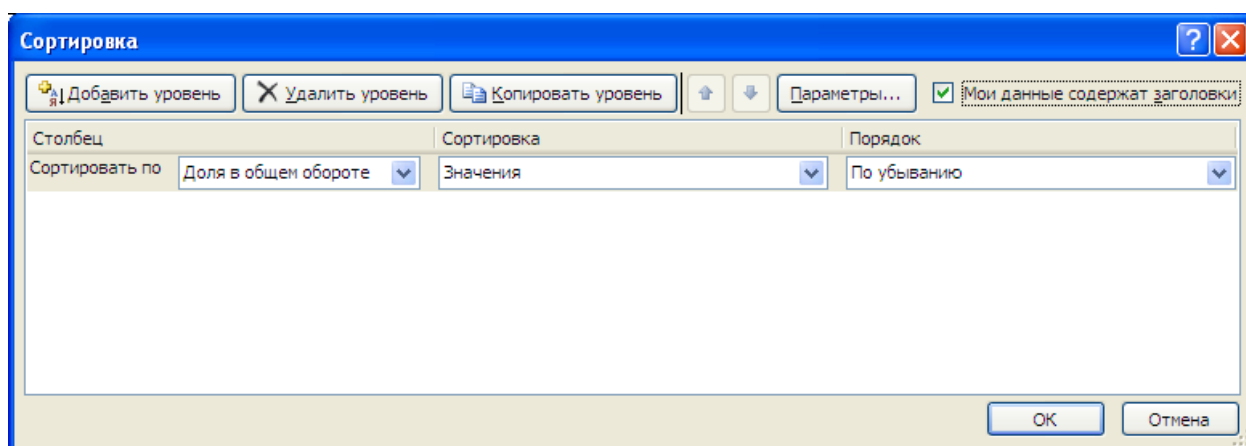


Рисунок 1.39 - Сортировка данных

5. Расчет кумулятивной доли, т.е. доли в обороте нарастающим итогом:

	A	B	C	D	E	F	G
1	Наименование товара	Объем продаж, т.р.			ИТОГО за 1 квартал	Доля в общем обороте	Доля в обороте нарастающим итогом
2		январь	февраль	март			
3	ноутбук Toshiba A660-	945 410.92	961 148.68	1 036 132.97	2 942 692.57	6.89%	=F3
4	ноутбук Toshiba L670-	984 796.00	872 978.40	1 047 182.10	2 904 956.50	6.80%	=F4+G3
5	ноутбук Toshiba L655-	866 785.29	1 042 062.57	937 396.89	2 846 244.75	6.67%	=F5+G4

Рисунок 1.40 - Расчет кумулятивной доли

6. Для разбиения совокупности данных на группы ABC необходимо создать блок вспомогательных ячеек:

	A	B
73		
74	граница А-В	75.00%
75	граница В-С	95.00%
76		

Затем в ячейку H3 введите формулу:
 =ЕСЛИ(G3<=\$B\$74,"A",ЕСЛИ(G3>=\$B\$75,"C","B"))

Формулу необходимо растянуть на весь диапазон ячеек столбца «ABC группа».

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Наименование товара	Объем продаж, т.р.			ИТОГО за 1 квартал	Доля в общем обороте	Доля в обороте нарастающими итогом	ABC
2		январь	февраль	март				
3	ноутбук Toshiba	945 410.92	961 148.68	1 036 132.97	2 942 692.57	6.89%	6.89%	A
4	ноутбук Toshiba	984 796.00	872 978.40	1 047 182.10	2 904 956.50	6.80%	13.69%	A
5	ноутбук Toshiba	866 785.29	1 042 062.57	937 396.89	2 846 244.75	6.67%	20.36%	A
6	ноутбук HP Compaq N	821 998.10	942 604.80	1 041 031.60	2 805 634.50	6.57%	26.93%	A
7	ноутбук HP Min	830 358.20	911 174.76	856 087.00	2 597 619.96	6.08%	33.01%	A

Рисунок 1.41 – Формирование именованных групп

7. Для разбиения совокупности данных на группы XYZ необходимо определить коэффициент вариации, который позволяет судить о стабильности спроса.

1	+							
2								
	A	B	C	D	I	J	K	L
1	Наименование товара	Объем продаж, т.р.			Среднее значение	коэффициент вариации	XYZ	ИТОГ
2		январь	февраль	март				
3	ноутбук Toshiba A660	945 410.92	961 148.68	1 036 132.97				
4	ноутбук Toshiba L670	984 796.00	872 978.40	1 047 182.10				
5	ноутбук Toshiba L655	866 785.29	1 042 062.57	937 396.89				
6	ноутбук HP Compaq N	821 998.10	942 604.80	1 041 031.60				

Рисунок 1.42 – Форма таблицы для проведения XYZ-анализа

В ячейки I3 и J3 необходимо ввести следующие формулы:

I3: =СРЗНАЧ(B3:D3)

J3: =(КОРЕНЬ(((B3-I3)^2+(C3-I3)^2+(D3-I3)^2)/3))/I3

Формулы необходимо растянуть на весь диапазон ячеек соответствующего столбца.

8. Для присвоения категории X, Y, Z создать блок вспомогательных ячеек:

	А	В
76		
77	граница X-Y	10.00%
78	граница Y-Z	25.00%
79		

Затем в ячейку К3 введите формулу:

=ЕСЛИ(J3<\$B\$77,"X",ЕСЛИ(J3>\$B\$78,"Z","Y"))

Формулу необходимо растянуть на весь диапазон ячеек соответствующего столбца.

9. Для объединения результатов ABC и XYZ анализа в ячейку L3 необходимо ввести формулу: =СЦЕПИТЬ(Н3,К3)

Формулу растянуть на весь диапазон ячеек соответствующего столбца. Для повышения наглядности результатов анализа можно воспользоваться инструментом «УСЛОВНОЕ ФОРМАТИРОВАНИЕ».

Предварительно выделив соответствующую область ячеек (L3:L68), нажмите на пиктограмму «Условное форматирование». В появившемся диалоговом окне выберите пункты «ПРАВИЛА ВЫДЕЛЕНИЯ ЯЧЕЕК»/ «РАВНО»

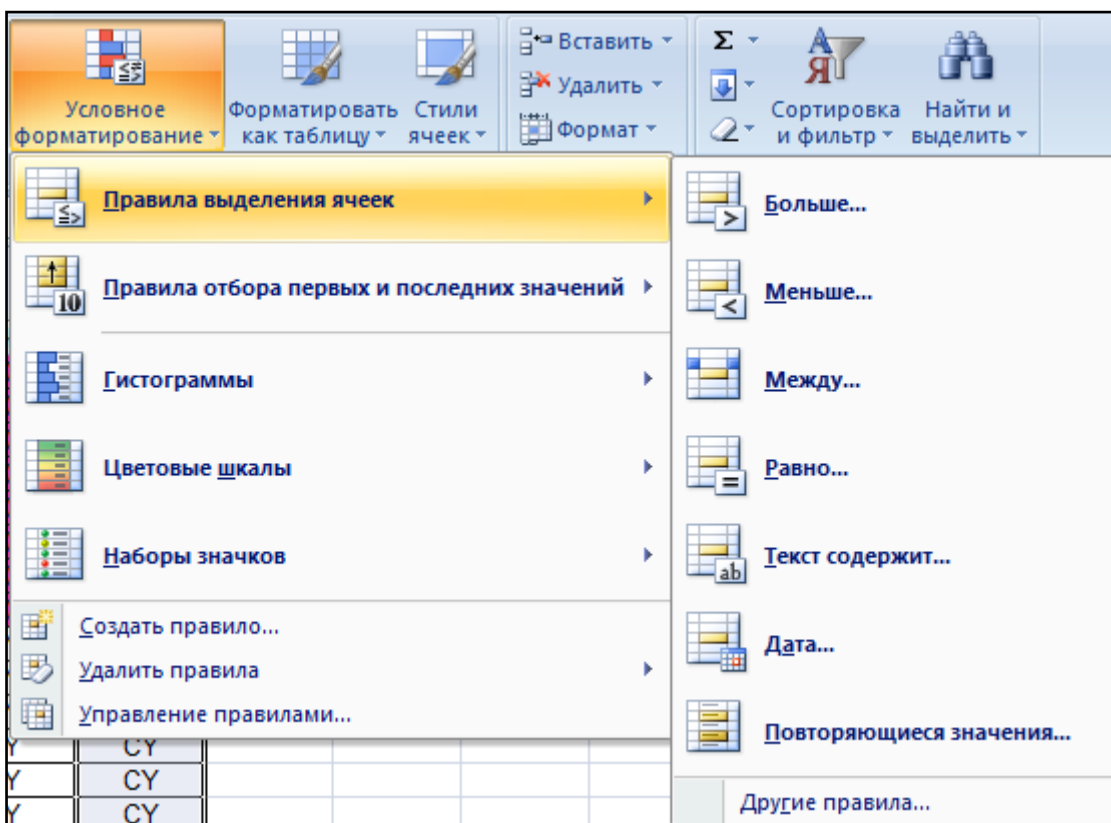


Рисунок 1.43 – Условное форматирование ячеек

В появившемся диалоговом окне выберите желаемый цвет для выделения ячеек.

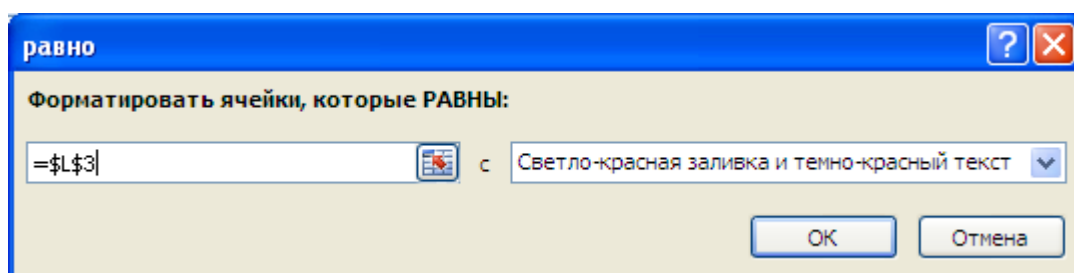


Рисунок 1.44 – Диалоговое окно определения формата ячеек

После нажатия ОК повторите аналогичную операцию для других групп: AX, BX, CX; AY, BY, CY; AZ, BZ, CZ.

1.4 Каузальные методы прогнозирования

Суть каузальных методов прогнозирования состоит в установлении математической связи между результирующей и факторными переменными. Необходимым условием применения каузальных методов прогнозирования является наличие большого объема данных. Если связи между переменными удастся описать математически корректно, то точность каузального прогноза будет достаточно высокой. К каузальным методам прогнозирования относятся:

- многомерные регрессионные модели,
- имитационное моделирование.

Наиболее распространенными каузальными методами прогнозирования являются многомерные регрессионные модели.

1.4.1 Многомерные регрессионные модели

Многомерная регрессионная модель – это уравнение с несколькими независимыми переменными.

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (1.16)$$

Для построения многомерной регрессионной модели могут быть использованы различные функции, наибольшее распространение получили линейная и степенная зависимости:

- 1) линейная: $y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n;$ (1.17)

- 2) степенная: $y = a \cdot x_1^{b_1} \cdot x_2^{b_2} \dots x_n^{b_n}.$ (1.18)

В линейной модели параметры (b_1, b_2, \dots, b_n) интерпретируются как влияние каждой из независимых переменных на прогнозируемую величину, если все другие независимые переменные равны нулю.

В степенной модели параметры являются коэффициентами эластичности. Они показывают, на сколько процентов изменится в среднем

результат (y) с изменением соответствующего фактора на 1% при неизменности действия других факторов. Для расчета параметров уравнений множественной регрессии также используется **метод наименьших квадратов**.

При построении регрессионных моделей решающую роль играет качество данных. Сбор данных создает фундамент прогнозам, поэтому имеется ряд требований и правил, которые необходимо соблюдать при сборе данных.

1. Во-первых, **данные должны быть наблюдаемыми**, т.е. получены в результате замера, а не расчета.
2. Во-вторых, из массива данных необходимо **исключить повторяющиеся и сильно отличающиеся данные**. *Чем больше неповторяющихся данных и чем однороднее совокупность, тем лучше будет уравнение.* Под сильно отличающимися значениями понимается наблюдения исключительно не вписывающиеся в общий ряд. *Например, данные о зарплате рабочих выражены четырех- и пятизначными числами (7 000, 10 000, 15 000), но обнаружено одно шестизначное число (250 000). Очевидно, что это ошибка.*
3. Третье правило (требование) – это **достаточно большой объем данных**. Мнения статистиков относительно того, сколько необходимо данных для построения хорошего уравнения расходятся. По мнению одних, данных необходимо **в 4-6 раз больше** числа факторов. Другие утверждают, что **не менее чем в 10 раз больше** числа факторов, тогда закон больших чисел, действуя в полную силу, обеспечивает эффективное погашение случайных отклонений от закономерного характера связи.

Построение многомерной регрессионной модели в MS Excel

В электронных таблицах Excel имеется возможность построения только лишь **линейной** многомерной регрессионной модели.

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n. \quad (1.19)$$

Для этого необходимо выбрать пункт «**Анализ данных**», а затем в появившемся окне - инструмент «**регрессия**»

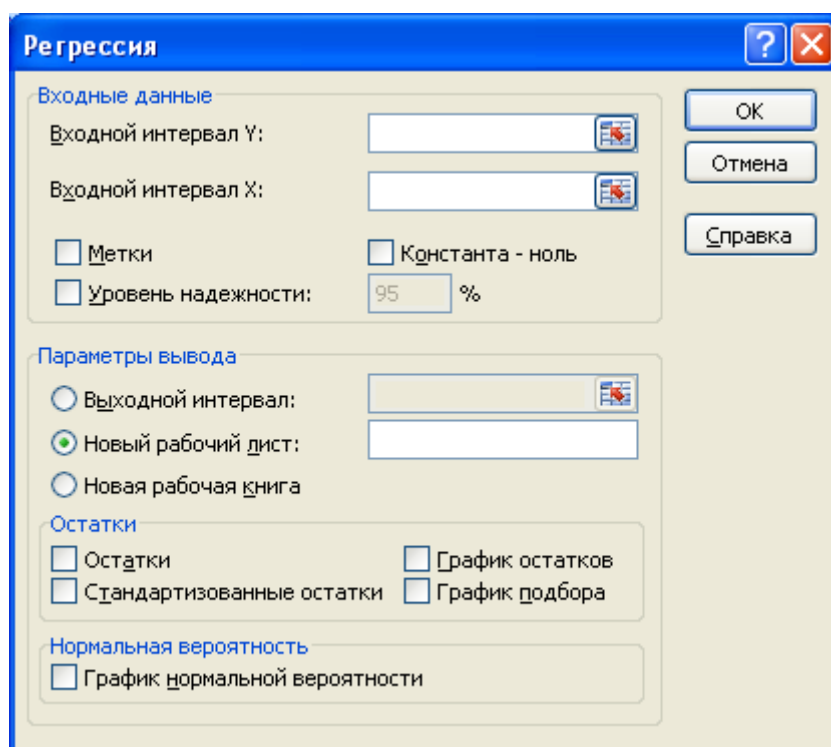


Рисунок 1.45 – Диалоговое окно инструмента «Регрессия»

В появившемся окне необходимо заполнить ряд полей, в том числе:

- *Входной интервал Y* – диапазон данных, из одного столбца, содержащих значения результирующей переменной Y.
- *Входной интервал X* – это диапазон данных, содержащих значения факторных переменных.

Если первая строка или первый столбец входного интервала содержит заголовки, то необходимо установить флажок в поле *«метки»*.

По умолчанию применяется *уровень надежности 95%*. Если хотите установить другой уровень, установите флажок и в поле рядом введите желаемый уровень надежности.

Флажок *«Константа-ноль»* необходимо пометить только в том случае, если вы хотите получить уравнение регрессии без свободного члена **a**, так чтобы линия регрессии прошла через начала координат.

Вывод результатов расчетов может быть организован 3 способами:

- в *диапазон ячеек этого рабочего листа* (для этого в поле *«Выходной диапазон»* определите левую верхнюю ячейку диапазона, куда будут выводиться результаты расчетов);
- на *новый рабочий лист* (в поле рядом можно ввести желаемое название этого листа);
- в *новую рабочую книгу*.

Установка флажков «*Остатки*» и «*Стандартизированные остатки*» заказывает их включение в выходной диапазон.

Чтобы построить график остатков для каждой независимой переменной, установите флажок «*График остатков*». **Остатки** иначе называют ошибками прогнозирования. Они определяются как разность между фактическими и прогнозируемыми значениями Y .

Интерпретация графиков остатков

В графиках остатков не должно быть закономерности. Если закономерность прослеживается, то это значит, что в модель не включен какой-то не известный нам, но закономерно действующий фактор, о которых нет данных.

При установке флажка «*График подбора*» будет выведена серия графиков, показывающих насколько хорошо теоретическая линия регрессии подобрана к наблюдаемым, т.е. фактическим данным.

Интерпретация графиков подбора

В Excel на графиках подбора красными точками обозначаются теоретические значения Y , синими точками - исходные данные. Если красные точки хорошо накладываются на синие точки, то это визуально свидетельствует об удачном уравнении регрессии.

Необходимым этапом прогнозирования на основе многомерных регрессионных моделей является оценка статистической значимости уравнения регрессии, т.е. пригодности построенного уравнения регрессии для использования в целях прогнозирования. Для решения этой задачи в MS Excel рассчитывается ряд коэффициентов. А именно:

1. Множественный коэффициент корреляции

Характеризует тесноту и направленность связи между результирующей и **несколькими** факторными переменными. При двухфакторной зависимости множественный коэффициент корреляции рассчитывается по формуле:

$$R = \sqrt{\frac{r_{yx_1}^2 + r_{yx_2}^2 - 2r_{yx_1} \cdot r_{yx_2} \cdot r_{x_1x_2}}{1 - r_{x_1x_2}^2}} . \quad (1.20)$$

2. Множественный коэффициент детерминации (R^2)

R^2 – это есть доля вариации теоретической величины \hat{y} относительно фактических значений y , объясненная за счет включенных в модель факторов. Остальная доля теоретических значений \hat{y} зависит от других, не участвующих в модели факторов. R^2 может принимать значения от 0 до 1. Если $R^2 > 0,8$, то качество модели высокое. Этот показатель особенно полезен для сравнения нескольких моделей и выбора наилучшей.

3. Нормированный коэффициент детерминации R^2

У показателя R^2 есть недостаток, состоящий в том, что большие значения коэффициента детерминации могут достигаться благодаря малому числу наблюдений. Нормированный R^2 обеспечивает информацией о том, какое значение вы могли бы получить в другом наборе данных значительно большего объема, чем в данном случае.

Нормированный R^2 рассчитывается по формуле:

$$R_{\text{норм.}}^2 = 1 - \left(-R^2 \right)^{\frac{n-1}{n-m-1}}, \quad (1.21)$$

где $R_{\text{норм.}}^2$ - нормированный множественный коэффициент детерминации,

R^2 - множественный коэффициент детерминации,

n - объем совокупности,

m - количество факторных переменных.

4. Стандартная ошибка регрессии указывает приблизительную величину ошибки прогнозирования. Используется в качестве основной величины для измерения качества оцениваемой модели. Рассчитывается по формуле:

$$SSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n-k-1}}, \quad (1.22)$$

где $\sum_{i=1}^n e_i^2$ - сумма квадратов остатков,

$n-k-1$ - число степеней свободы остатков.

Т.е стандартная ошибка регрессии показывает величину квадрата ошибки, приходящейся на одну степень свободы.

ВЫВОД ИТОГОВ

<i>Регрессионная статистика</i>	
Множественный R	0.973101
R-квадрат	0.946926
Нормированный R-квадрат	0.940682
Стандартная ошибка	0.59867
Наблюдения	20

Дисперсионный анализ

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	2	108.7071	54.35355	151.6535	1.45E-11
Остаток	17	6.092905	0.358406		
Итого	19	114.8			

	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95.0%</i>	<i>Верхние 95.0%</i>
Y-пересечение	1.835307	0.471065	3.89608	0.001162	0.841445	2.829169	0.841445	2.829169
x1	0.945948	0.212576	4.449917	0.000351	0.49745	1.394446	0.49745	1.394446
x2	0.085618	0.060483	1.415561	0.174964	-0.04199	0.213227	-0.04199	0.213227

Метод дисперсионного анализа состоит в разложении общей суммы квадратов отклонений переменной y от среднего значения \bar{y} на две части:

- 1) объясненную регрессией (или факторную);
- 2) остаточную.

$$\sum (y - \bar{y})^2 = \sum (y - \bar{y})^2 + \sum (y - \hat{y})^2. \quad (1.23)$$

Пригодность регрессионной модели для прогнозирования зависит от того, какая часть общей вариации признака y приходится на вариацию объясненную регрессией. Очевидно, что если сумма квадратов отклонений объясненная регрессией будет больше остаточной, то делают вывод о статистической значимости уравнения регрессии. Это равносильно тому, что коэффициент детерминации R^2 приближается к единице.

Обозначения в таблице «Дисперсионный анализ»:

Второй столбец таблицы называется df и означает число степеней свободы. Для общей дисперсии число степеней свободы равно: $df = n - 1$, для факторной дисперсии (или дисперсии, объясненной регрессией) $df_1 = m$, для остаточной дисперсии $df_2 = n - m - 1$,

где n – это кол-во наблюдений,

m – кол-во факторных переменных модели.

Третий столбец таблицы называется SS (Sum of Squares). В нем представлена сумма квадратов отклонений. Общая сумма квадратов отклонений определяется по формуле:

$$S_{\text{общ}} = \sigma_y^2 \cdot n. \quad (1.24)$$

Факторная сумма квадратов:

$$S_{\text{факт}} = S_{\text{общ}} \cdot R^2, \quad (1.25)$$

$$S_{\text{ост}} = S_{\text{общ}} - S_{\text{факторная}}. \quad (1.26)$$

Четвертый столбец называется MS (Mean Square) – среднее значение квадратов отклонений. Определяется по формуле:

$$MS = \frac{SS}{df}. \quad (1.27)$$

С помощью F-критерия Фишера определяется статистическая значимость коэффициента детерминации уравнения регрессии. Для этого выдвигается нулевая гипотеза, которая утверждает, что между результирующей и факторными переменными **связь отсутствует**. Это возможно лишь в том случае, когда все параметры уравнения множественной линейной регрессии и коэффициент корреляции равны нулю.

$$H_0: a_0 = a_1 = a_2 = \dots = a_m = 0, \quad R = 0$$

Для проверки этой гипотезы необходимо рассчитать фактическое значение F-критерия Фишера и сравнить его с табличным. Фактическое значение F-критерия рассчитывается по формуле:

$$F_{\text{факт.}} = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{n - m - 1}{m} \quad (1.28)$$

$F_{\text{табл.}}$ выбирается из специальных статистических таблиц по:

- заданному уровню значимости (α) и
- числу степеней свободы.

В MS Excel табличное значение F-критерия может быть определено с помощью функции: =FРАСПОБР(вероятность; степени свободы1; степени свободы2)

Например: =FРАСПОБР(0,05;df1;df2)

Уровень значимости¹ выбирается на тот же, на котором вычислялись параметры регрессионной модели. По умолчанию установлено 95%.

Если $F_{\text{факт.}} > F_{\text{табл.}}$, то выдвинутая гипотеза отклоняется и признается статистическая значимость уравнения регрессии. В случае особо важных прогнозов табличное значение F-критерия рекомендуется увеличить в 4 раза, то есть проверяется условие: $F_{\text{факт.}} > 4 \cdot F_{\text{табл.}}$

$$F_{\text{факт.}} = 151,65; \quad F_{\text{табл.}} = 3,59$$

Расчетное значение значительно превышает табличное значение. Это значит, что коэффициент детерминации значимо отличается от нуля, поэтому гипотезу об отсутствии регрессионной зависимости следует отклонить.

¹ **Уровень значимости α** - это вероятность отвергнуть гипотезу при условии, что она верна. Альфа — это уровень значимости, используемый для вычисления уровня надежности. Уровень надежности равняется 100*(1 - альфа) процентам, или, другими словами, **альфа равное 0,05 означает 95-процентный уровень надежности**.

Теперь оценим значимость коэффициентов регрессии на основе **t-критерия Стьюдента**. Он позволяет определить, какие из факторных переменных (x) оказывают наибольшее влияние на результирующую переменную (y).

Для этого необходимо рассчитать фактическое значение t-критерия и сравнить его с табличным. **Фактическое значение** определяется как отношение коэффициента регрессии к его стандартной ошибке.

Стандартные ошибки обычно обозначаются m_{bi} . Нижний индекс обозначает параметр уравнения регрессии, для которого рассчитана эта ошибка

Рассчитывается по формуле:

$$m_{bi} = \frac{\sigma_y \cdot \sqrt{1 - R_{yx_1 \dots x_n}^2}}{\sigma_{x_i} \cdot \sqrt{1 - R_{x_i x_1 \dots x_n}^2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{n - m - 1}}, \quad (1.29)$$

где σ_y - СКО для результирующей переменной,

σ_{x_i} - СКО для признака x_i ,

$R_{yx_1 \dots x_n}^2$ - коэффициент детерминации для уравнения множественной регрессии,

$R_{x_i x_1 \dots x_n}^2$ - коэффициент детерминации для зависимости фактора x_i со всеми другими факторами уравнения.

$n - m - 1$ - число степеней свободы для остаточной суммы квадратов отклонений.

В MS Excel стандартные ошибки рассчитываются автоматически (располагаются в 3-ем столбце 3-ей таблицы).

Фактическое значение t-критерия Стьюдента в MS Excel располагается в 4-ом столбце 3-ей таблицы и называется *t-статистика*.

$$(4 \text{ столбец}) \quad = \quad (2 \text{ столбец}) \quad / \quad (3 \text{ столбец})$$

t-статистика = Коэффициенты/ Стандартная ошибка

Табличное значение t-критерия Стьюдента зависит от принятого уровня значимости (обычно $\alpha = 0,1; 0,05; 0,01$) и числа степеней свободы $df = n - m - 1$.

где n - число единиц совокупности,

m - число факторов в уравнении.

В MS Excel табличное значение критерия Стьюдента может быть определено с помощью функции:

=СТЮДРАСПОБР(вероятность; число степеней свободы)

Например: =СТЮДРАСПОБР(0,05;7)

Если $t_{расч} > t_{табл.}$, то делается вывод, что коэффициент уравнения регрессии является статистически значимым (надежным) и его можно включать в модель и использовать для прогнозирования.

1.4.2 Метод имитационного моделирования Монте-Карло

Метод имитационного моделирования получил свое название в честь города Монте-Карло, расположенного в княжестве Монако, одного из самых маленьких государств мира, расположенного на берегу Средиземного моря, около границы Франции и Италии.

Метод имитационного моделирования Монте-Карло предполагает генерирование случайных значений в соответствии с заданными ограничениями. Приступая к проведению имитационного моделирования, прежде всего, необходимо разработать экономико-математическую модель (ЭММ) прогнозируемого показателя, отражающую взаимосвязь между факторными переменными, а также степень и характер их влияния на результат. Поскольку в условиях современной рыночной конъюнктуры на субъект экономических отношений оказывают одновременное воздействие множество факторов различной природы и направленности и степень их воздействия не является детерминированной, представляется необходимым разделить переменные ЭММ на две группы: стохастические и детерминированные;

Далее следует определить типы вероятностных распределений для каждой стохастической переменной и соответствующие входные параметры, выполнить имитацию значений стохастических переменных с использованием генератора случайных чисел MS Excel или иных программных средств.

Инструмент «генерация случайных чисел» доступен пользователям MS Excel 2007 после активизации надстройки **Пакет анализа**. Порядок активизации надстройки описан выше (см. стр.10, рис.1.5-1.8). Для выполнения имитационного моделирования в меню **ДААННЫЕ** необходимо выбрать пункт «**Анализ данных**», в появившемся диалоговом окне из списка выбрать инструмент «**Генерация случайных чисел**» и щелкнуть ОК.

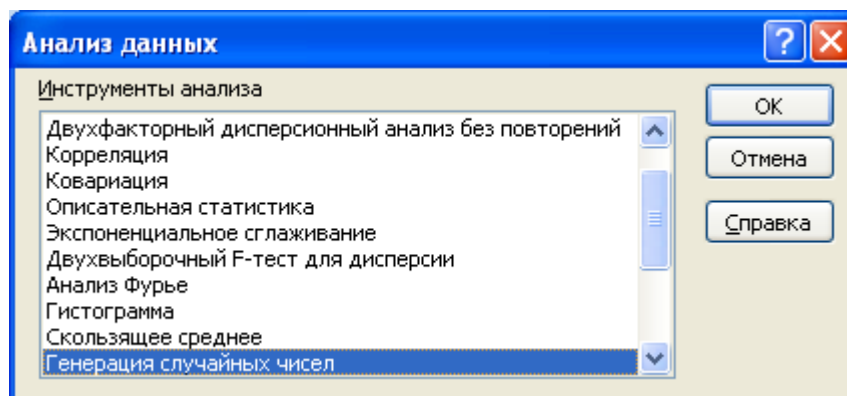


Рисунок 1.46 - Интерфейс меню анализа данных

В появившемся диалоговом окне необходимо для каждой стохастической переменной выбрать тип вероятностного распределения и задать соответствующие входные параметры.

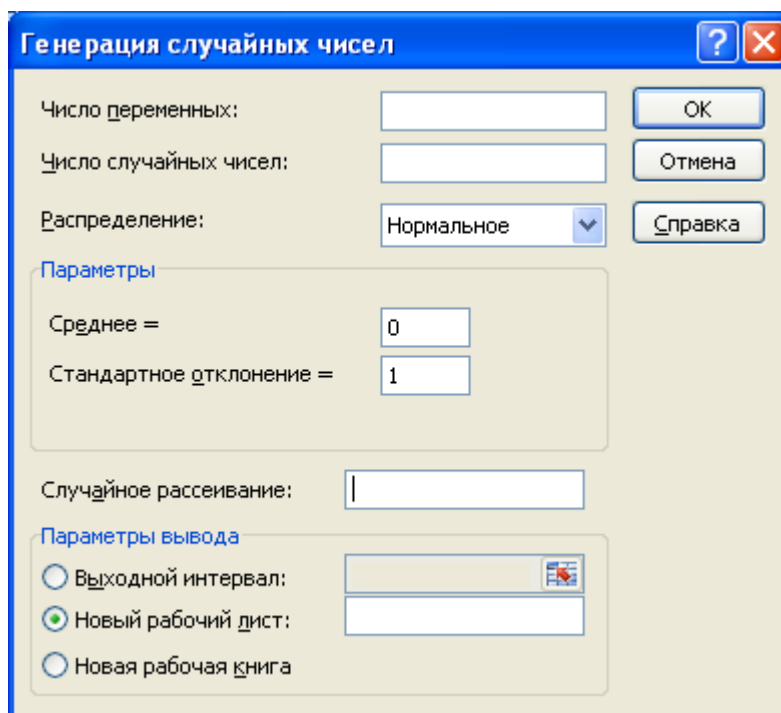


Рисунок 1.47 - Диалоговое окно генератора случайных чисел

Данный этап является одним из наиболее сложных, поэтому при его выполнении необходимо использовать знания и опыт экспертов. **Выбор типа вероятностного распределения** также может осуществляться на основе имеющейся статистической информации. На практике чаще всего используют такие виды вероятностных распределений как нормальное, треугольное и равномерное.

Нормальное распределение (или закон Муавра-Гаусса-Лапласа) предполагает, что варианты прогнозируемого параметра тяготеют к среднему значению. Значения переменной, существенно отличающиеся от среднего, то есть находящиеся в «хвостах» распределения, имеют малую вероятность.

Треугольное распределение представляет собой производную от нормального распределения и предполагает линейно нарастающее, по мере приближения к среднему значению, распределение.

Равномерное распределение используется в том случае, когда все значения варьируемого показателя имеют одинаковую вероятность реализации.

При важности переменной и невозможности подобрать закон распределения её можно рассматривать с точки зрения **дискретного распределения**. Перечисленные выше виды вероятностных распределений требуют определения входных параметров, представленных в таблице 1.11

Таблица 1.11 - Входные параметры основных видов вероятностных распределений

Вид вероятностного распределения	Входные параметры
1 Нормальное распределение	– среднее значение; – стандартное отклонение.
2 Треугольное распределение	– среднее значение; – пределы возможного диапазона значений.
3 Равномерное распределение	– пределы возможного диапазона значений.
4 Дискретное распределение	– конкретные значения переменной; – соответствующие данным значениям вероятности.

В результате проведения серии экспериментов будет получено распределение значений стохастических переменных, на основании которых следует рассчитать значение прогнозируемого показателя.

Следующим необходимым этапом является проведение экономико-статистического анализа результатов имитационного моделирования, при котором рекомендуется рассчитывать следующие статистические характеристики:

- среднее значение;
- среднеквадратическое отклонение;
- дисперсию;
- минимальное и максимальное значение;
- размах колебаний;
- коэффициент асимметрии;
- эксцесс.

Указанные выше показатели могут быть использованы для проверки гипотезы о нормальном распределении. В случае подтверждения гипотезы для составления интервального прогноза может быть использовано правило

«трех сигм». Правило «трех сигм» гласит, что если случайная величина X подчинена нормальному закону распределения с параметрами \bar{X} и σ , то практически достоверно, что её значения заключены в интервале $\left(\bar{X} - 3\sigma; \bar{X} + 3\sigma \right)$, то есть $P\left(\left| X - \bar{X} \right| \leq 3\sigma \right) \approx 1$. Для повышения наглядности и упрощения интерпретации целесообразно построить гистограмму.

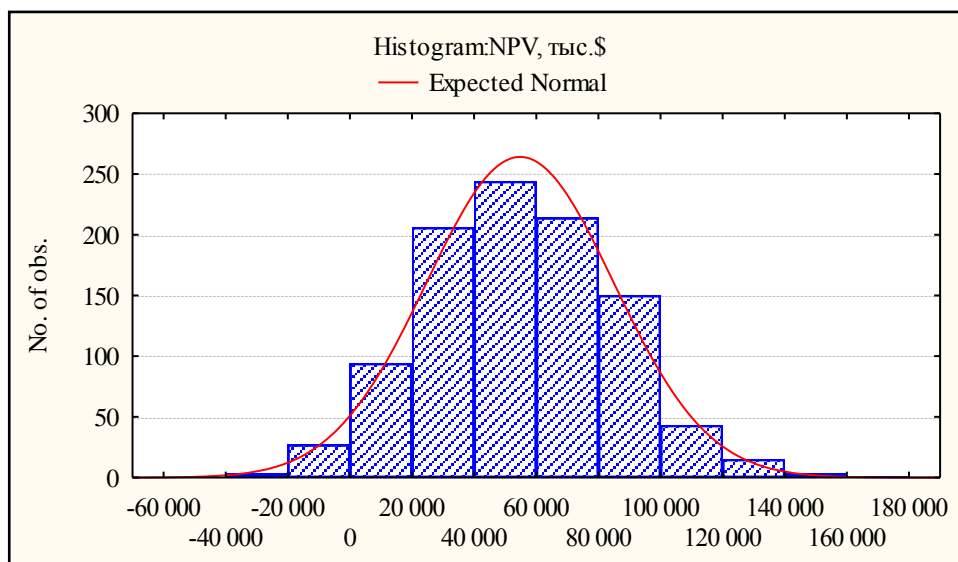


Рисунок 1.48 - Гистограмма значений прогнозируемого показателя

Реализация указанных этапов позволит получить вероятностную оценку значений прогнозируемого показателя (интервальный прогноз).

1.5 Качественные методы прогнозирования

Качественные методы прогнозирования строятся на использовании мнений высококвалифицированных специалистов в соответствующих областях (экспертов), что обуславливает второе название этой группы методов – экспертные. Качественные методы могут быть использованы в условиях отсутствия достоверной количественной информации. Рассмотрим общую характеристику данной группы методов, общие подходы к получению и обработке информации.

Сущность метода экспертных оценок (МЭО) заключается в проведении высококвалифицированными специалистами интуитивно-логического анализа проблемы в сочетании с количественной оценкой суждений и формализованной обработкой результатов. Следует отметить, что область применения методов экспертных оценок достаточно широка, прогнозирование является одним из множества направлений их применения. Кроме того, МЭО могут быть использованы для:

- определения целей и задач деятельности предприятия;
- выбора приоритетных направлений деятельности;
- выбора объектов инвестирования;
- в процессе анализа внешней среды для составления перечня возможных событий в будущем и определения вероятности их наступления;
- для оценки риска, определение объемов продаж и т.д.

При этом эксперты выполняют две основные функции:

- 1) формируют объекты (в качестве объектов анализа могут выступать альтернативные ситуации, цели, задачи, факторы риска и т.д.);
- 2) оценивают характеристики этих объектов (вероятность наступления какого-либо события, значимость сравниваемых объектов и т.д.).

МЭО предполагает выполнение следующих этапов:

ЭТАП 1 Организационный этап

На данном этапе осуществляется постановка задачи, назначается руководитель экспертизы, на которого возлагается обязанность формирования группы управления, определяется срок, в течение которого проблема должна быть решена, а также объем финансовых ресурсов, который может быть выделен для решения данной задачи. Далее группа управления проводит работу по подбору экспертов. Группу экспертов не рекомендуется делать очень большой, т.к. это связано со значительными затратами, однако их число должно быть достаточным, для того, чтобы они в совокупности смогли учесть существенные свойства задачи и чтобы решение найденное при их помощи было достаточно точным. Практический опыт показывает, что оптимальным количеством является 10 человек (+/- 1 чел.). Это можно продемонстрировать в виде следующего графика:

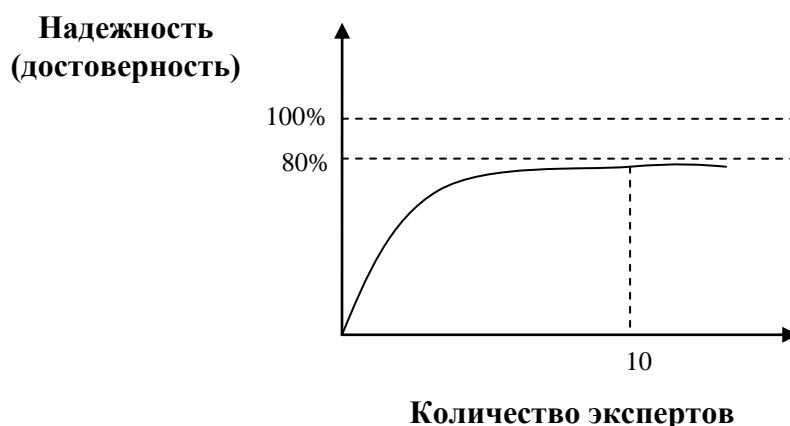


Рисунок 1.49 – Эмпирическая зависимость надежности решения от количества членов экспертной группы

Помимо компетентности хороший эксперт должен обладать целым рядом качеств. Основными из них являются следующие:

- креативность – способность решать задачи, метод решения которых полностью или частично неизвестен,
- эвристичность – способность выявлять неочевидные проблемы,
- интуиция – способность угадывать решение без его обоснования,
- предикатность – способность предсказывать (прогнозировать) будущее развитие ситуации,
- независимость – способность противостоять мнению большинства.

После составления списка экспертов им направляются письма с приглашением. В письме объясняется цель проведения экспертизы, сроки, объем работ и условия вознаграждения. Получив согласие экспертов, группа управления составляет окончательный список членов экспертной группы и представляет его руководству на утверждение. После утверждения этого списка, всем экспертам посылается сообщение о включении в состав экспертной группы. На этом работа по подбору экспертов заканчивается.

ЭТАП 2

Выбор метода опроса экспертов

Методы опроса экспертов могут быть разделены на две группы:

- 1) индивидуальные;
- 2) групповые.

Индивидуальные методы предполагают, что эксперты опрашиваются независимо друг от друга. Преимуществом такого подхода является отсутствие давления со стороны авторитетов, а также высокая оперативность получения решения. Недостаток состоит в высокой степени субъективности оценок из-за ограниченности знаний одного эксперта. Групповые методы предполагают получение решения проблемы в процессе совместного обсуждения. К данной группе методов относятся метод «мозгового штурма», метод дискуссий или «круглого стола», метод Дельфи.

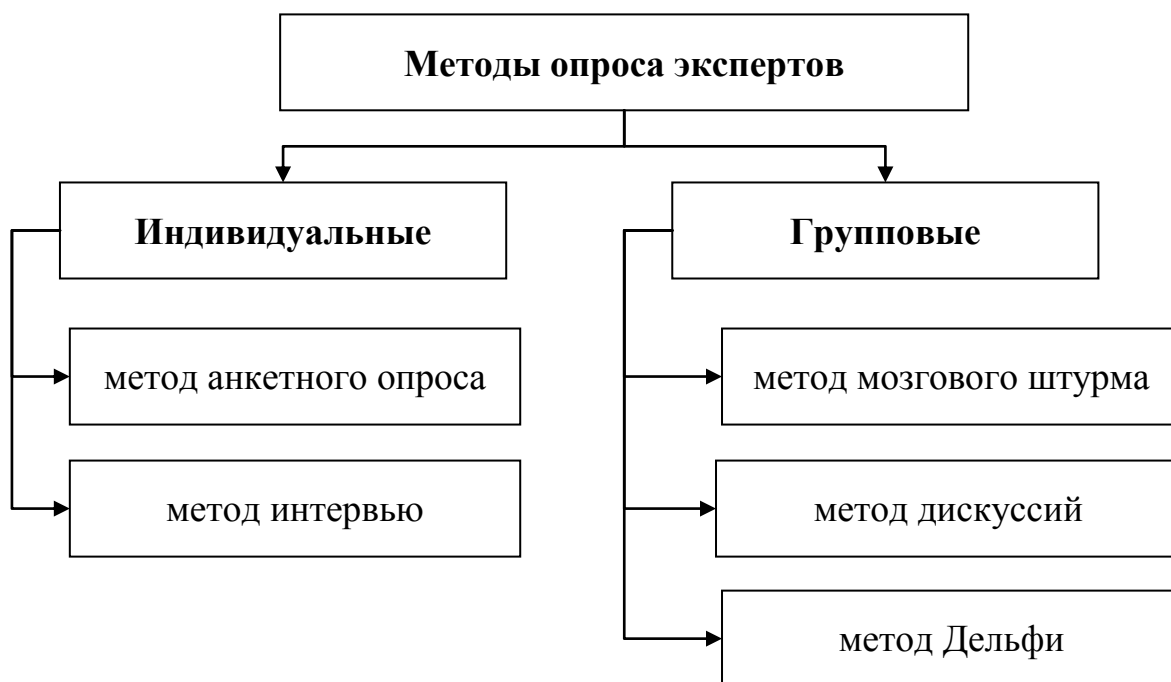


Рисунок 1.50 – Классификация методов опроса экспертов

Метод мозгового штурма

Для проведения сеанса мозгового штурма назначается ведущий, который руководит ходом заседания. Он объясняет актуальность проблемы и предлагает для рассмотрения одну-две идеи. В процессе обсуждения эксперты концентрируют свое внимание на положительных сторонах идеи и стараются их развить. Обсуждение длится примерно 40 минут. Принципиальным отличием метода мозгового штурма является запрет на прямую критику предложений других участников заседания. Можно предлагать свои идеи, развивать чужие, но критиковать нельзя. Ход заседания обычно записывается на диктофон и видеокамеру. После окончания обсуждения проводится группировка высказываний по различным признакам, а также оценка степени их полезности и возможности реализации. Через 1-2 дня участников мозгового штурма просят сообщить, не возникли ли у них еще какие-нибудь новые идеи. Недостатком метода мозгового штурма является сложность организации, иногда бывает сложно создать непринужденную атмосферу и исключить влияние должностных взаимоотношений. Достоинством метода является высокая оперативность получения решения.

Метод дискуссий

Метод дискуссий является самым простым и потому наиболее распространенным. В отличие от метода мозгового штурма эксперты могут критиковать предложения других. Преимуществом метода является простота организации. Недостаток заключается в том, что может быть принято

ошибочное решение одного из участников в силу его авторитета, служебного положения, настойчивости или ораторских способностей.

Метод Дельфи

Представляет собой итеративную процедуру анкетного опроса. Включает несколько этапов. На первом этапе проводится индивидуальный опрос экспертов (обычно в форме анкет). Эксперты дают ответы никак не аргументируя их. Затем результаты опроса обрабатываются и формируется коллективное мнение группы экспертов. На втором этапе вся информация сообщается экспертам. Их просят пересмотреть оценки и объяснить причины своего несогласия с коллективным суждением. Полученные оценки обрабатываются вновь и осуществляется переход к следующему этапу. Практика показывает, что после трех-четырех этапов ответы экспертов стабилизируются. Достоинством метода Дельфи является использование обратной связи в ходе опроса, что значительно повышает объективность экспертных оценок. Недостаток заключается в том, что метод требует значительного времени на реализацию всей многоэтапной процедуры.

ЭТАП 3

Выбор метода измерения информации, получаемой от экспертов

Для измерения информации получаемой от экспертов могут быть использованы:

- *метод парных сравнений*

Строится матрица парных сравнений, в которой объекты сравниваются попарно. Например, необходимо опередить какая из моделей товара пользуется наибольшим спросом у потребителей. Эксперты формируют набор объектов и осуществляют их парное сравнение. Введем условные обозначения: $V_1, V_2, V_3 \dots V_n$

Если эксперт считает, что объекты имеют равную важность для потребителей, то на пересечении соответствующих строк ставится 1.

Если эксперт считает, что модель товара V_1 более привлекательна для потребителя и будет пользоваться большим спросом по сравнению с V_2 , то в клетке V_1-V_2 ставится 2, а в клетке обратной данной (V_2-V_1) ставится 0.

Если эксперт считает, что модель товара V_1 менее значима для потребителя и будет существенно уступать модели V_5 , то в клетке V_1-V_5 ставится 0, а в клетке V_5-V_1 ставится 2.

Таблица 1.12 – Парные сравнения объектов

	V1	V2	V3	V4	V5	Сумма
V1	1	2	2	2	0	7
V2	0	1	1	2	0	4
V3	0	1	1	2	1	5
V4	0	0	0	1	1	2
V5	2	2	1	1	1	8

– *непосредственная оценка*

Объектам присваиваются числовые характеристики по шкале интервалов. Например, может быть использована вербально-числовая шкала Харрингтона.

Таблица 1.13 – Вербально-числовая шкала Харрингтона [2]

Описание градаций	Численное значение
Очень высокая	0,80 – 1,00
Высокая	0,64 – 0,80
Средняя	0,37 – 0,64
Низкая	0,20 – 0,37
Очень низкая	0,00 – 0,20

– *ранжирование*

Ранжирование представляет собой расстановку объектов в порядке предпочтения, при этом самому предпочтительному объекту присваивается ранг равный единице. Воспользуемся предыдущим примером (см.табл.1.12) и проведем ранжирование объектов на основе полученных балльных оценок.

Таблица 1.14 – Результаты ранжирования

	V1	V2	V3	V4	V5	Сумма	Ранг
V1	1	2	2	2	0	7	2
V2	0	1	1	2	0	4	4
V3	0	1	1	2	1	5	3
V4	0	0	0	1	1	2	5
V5	2	2	1	1	1	8	1

ЭТАП 4

Обработка полученных данных и оценка согласованности мнений экспертов

Рассмотрим процесс обработки данных, полученных в результате опроса экспертов и оценку согласованности их мнений на условном примере.

По заданию руководства компании необходимо оценить степень влияния факторов, представленных в таблице 1.15 на прогнозируемый объем продаж и определить согласованность мнений экспертов.

Таблица 1.15 - Факторы конкурентоспособности

Условное обозначение	Наименование фактора
F1	цена продукции,
F2	качество продукции.
F3	уровень сервисного обслуживания.
F4	дизайн и упаковка товара,
F5	интенсивность рекламной кампании,

4.1 Составление матрицы рангов

На основании матриц парных сравнений, заполненных каждым из экспертов, и результатов ранжирования составляется матрица рангов. В процессе ранжирования эксперты расставляют анализируемые факторы в порядке предпочтения. При ранжировании наиболее значимому фактору, требующему особого внимания, присваивается ранг равный 1, далее по убыванию значимости. Матрица рангов имеет вид.

Таблица 1.16 - Матрица рангов

Факторы	Эксперты				
	1	2	3	4	5
F1	1	2	1	2	1
F2	2	1	2	1	2
F3	3	3	3	4	3
F4	2	4	3	3	4
F5	4	5	4	4	5

Если эксперты затрудняются отдать предпочтение одному из факторов, тогда нескольким объектам присваиваются одинаковые ранги, при этом возникает необходимость расчета стандартизированных рангов.

4.2 Расчет стандартизированных рангов

Стандартизированные ранги рассчитываются как средняя арифметическая мест (позиций) объектов с одинаковыми рангами.

$$SR_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^k N_j}{k}, \quad (1.30)$$

где SR_{ij} - стандартизированный ранг,

$\sum_{j=1}^k N_j$ - сумма позиций объектов с одинаковыми рангами,

k – число объектов с одинаковыми рангами.

Для упрощения расчетов в предыдущей таблице в скобках можно указать номер позиции каждого из объектов.

Таблица 1.17 – Матрица рангов, дополненная позициями объектов

Факторы	Эксперты				
	1	2	3	4	5
F1	1 (1)	2	1 (1)	2 (2)	1
F2	2 (2)	1	2 (2)	1 (1)	2
F3	3 (4)	3	3 (3)	4 (4)	3
F4	2 (3)	4	3 (4)	3 (3)	4
F5	4 (5)	5	4 (5)	4 (5)	5

Рассмотрим правило расчета стандартизированных рангов на примере оценок первого эксперта. В рангах, проставленных первым экспертом, есть два объекта с одинаковыми рангами (F2и F4), которые занимают вторую и третью позиции соответственно. Стандартизированные ранги этих объектов будут равны:

$$SR_1^{(2)} = \frac{\sum_{j=1}^k N_j}{k} = \frac{2+3}{2} = 2,5$$

Аналогичным образом рассчитываются стандартизированные ранги по данным опроса 3 и 4 экспертов. Результаты расчетов сведены в таблицу 1.18

Таблица 1.18 – Матрица стандартизированных рангов

Факторы	Эксперты (n)					$\sum SR_{ij}$	d_i	d_i^2
	1	2	3	4	5			
F1	1	2	1	2	1	7	-8	64
F2	2,5	1	2	1	2	8,5	-6,5	42,25
F3	4	3	3,5	4,5	3	18	3	9
F4	2,5	4	3,5	3	4	17	2	4
F5	5	5	5	4,5	5	24,5	9,5	90,25
Итого	15	15	15	15	15	75	-	209,5

Далее для оценки согласованности мнений экспертов необходимо рассчитать коэффициент конкордации.

4.3 Расчет коэффициента конкордации

$$W = \frac{12 \sum d_i^2}{n^2 (n^3 - m) - n \cdot \sum T_j}, \quad (1.31)$$

где n – количество экспертов,

m – количество объектов,

d_i – отклонение суммы стандартизованных рангов от среднего значения,

T_j – показатель связанных рангов.

Для расчета d_i необходимо определить среднее значение суммы стандартизованных рангов:

$$\overline{SR} = \frac{\sum SR_{ij}}{m}, \quad (1.32)$$

$$d_i = \sum SR_{ij} - \overline{SR} \quad (1.33)$$

В данном примере:

$$\overline{SR} = \frac{\sum SR_{ij}}{m} = \frac{75}{5} = 15,$$

$$d_1 = \sum SR_1 - \overline{SR} = 7 - 15 = -8,$$

$$d_2 = \sum SR_2 - \overline{SR} = 8,5 - 15 = -6,5 \text{ и т.д.}$$

Далее для расчета коэффициента конкордации необходимо определить показатель связанных рангов:

$$T_j = \sum_{k=1}^z (h_k^3 - h_k), \quad (1.34)$$

где z – число групп объектов равных рангов в оценках j -ого эксперта,

h_k – число объектов с одинаковыми рангами.

В данном примере:

$$T_1 = 2^3 - 2 = 6$$

$$T_2 = 0$$

$$T_3 = 2^3 - 2 = 6$$

$$T_4 = 2^3 - 2 = 6$$

$$T_5 = 0$$

$$\sum T_j = 18$$

Подставляя полученные значения в формулу 1.31, получим:

$$W = \frac{12 \sum d_i^2}{n^2 \binom{n^3 - m}{n} - n \cdot \sum T_j} = \frac{12 \cdot 209,5}{5^2 \binom{5^3 - 5}{5} - 5 \cdot 18} = 0,864$$

4.4 Оценка значимости коэффициента конкордации с помощью критерия согласия Пирсона (χ^2)

Вывод о значимости коэффициента конкордации делается в том случае, если выполняется условие:

$$\chi_{\text{расч}}^2 > \chi_{\text{табл}}^2 \quad (1.35)$$

Расчетное значение $\chi_{\text{расч}}^2$ определяется по формуле:

$$\chi_{\text{расч}}^2 = \frac{12 \sum d_i^2}{n \cdot m \cdot \binom{n+1}{m-1} - \frac{1}{m-1} \cdot \sum_{j=1}^n T_j} = \frac{12 \cdot 209,5}{5 \cdot 5 \cdot \binom{5+1}{5-1} - \frac{1}{5-1} \cdot 18} = 16,78$$

Табличное значение критерия $\chi_{\text{табл}}^2$ определяется по **специальной таблице** в зависимости от заданной вероятности и числа степеней свободы.

Таблица 1.19 - Критические значения для тестов «хи-квадрат»

Число степеней свободы (h)	Уровень значимости			
	10%	5%	1%	0,1%
1	2,706	3,841	6,635	10,828
2	4,605	5,991	9,210	13,816
3	6,251	7,815	11,345	16,266
4	7,779	9,488	13,277	18,467
5	9,236	11,071	15,086	29,515
6	10,645	12,592	16,812	22,458
7	12,017	14,067	18,475	24,322
...

Число степеней свободы равно количеству сравниваемых объектов минус 1.
 $h = m - 1$.

Вероятность примем равной 95%.

$$h = m - 1 = 5 - 1 = 4$$

По таблице находим, что $\chi_{\text{табл}}^2 = 9,48$. Таким образом, можно сделать вывод, что условие $\chi_{\text{расч}}^2 > \chi_{\text{табл}}^2$ выполняется ($\chi_{\text{расч}}^2 = 16,78$; $\chi_{\text{табл}}^2 = 9,48$)

Это значит, что с вероятностью 95% можно утверждать, что согласованность мнений экспертов высокая. Наиболее значимым фактором, с точки зрения членов экспертной группы, для данной категории потребителей является цена.

Стандартный инструмент MS Excel, к сожалению, не позволяет рассчитывать значения стандартизированных рангов. Для упрощения расчетов может быть использован макрос, написанный на языке Visual Basic for Applications, позволяющий создать новую функцию St_rang. Рассмотрим процесс разработки динамической модели, позволяющей реализовать весь алгоритм расчетов методом экспертных оценок.

Шаг 1 Формирование набора матриц парных сравнений

1. Создайте новый документ MS Excel
2. Сформировать набор матриц парных сравнений в количестве равном числу экспертов. Исходная форма матрицы представлена на рисунке:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2			F1	F2	F3	F4	F5	Сумма	Ранг	
3		F1	1							
4		F2		1						
5		F3			1					
6		F4				1				
7		F5					1			
8										

Рисунок 1.51 – Форма матрицы

Для автоматизации расчетов необходимо ее заполнить формулами. Для этого рекомендуется выполнить следующую последовательность действий:

- в ячейку с адресом C4 ввести функцию:

$$=ЕСЛИ(D3=0;2;ЕСЛИ(D3=2;0;ЕСЛИ(D3=1;1)))$$

Теперь при вводе в ячейку с адресом D3 значения «2» в ячейке C4 будет выводиться значение «0», как и предполагает принцип парных сравнений; при вводе в ячейку D3 значения «0» в ячейке C4 будет выведено

значение «2»; ввод единицы приведет к появлению такого же значения в соответствующей ячейке левой нижней диагонали.

- Аналогичные формулы необходимо ввести в остальные ячейки левой нижней области матрицы парных сравнений.

C5: =ЕСЛИ(E3=0;2;ЕСЛИ(E3=2;0;ЕСЛИ(E3=1;1)))

C6: =ЕСЛИ(F3=0;2;ЕСЛИ(F3=2;0;ЕСЛИ(F3=1;1)))

C7: =ЕСЛИ(G3=0;2;ЕСЛИ(G3=2;0;ЕСЛИ(G3=1;1)))

D5: =ЕСЛИ(E4=0;2;ЕСЛИ(E4=2;0;ЕСЛИ(E4=1;1)))

D6: =ЕСЛИ(F4=0;2;ЕСЛИ(F4=2;0;ЕСЛИ(F4=1;1)))

D7: =ЕСЛИ(G4=0;2;ЕСЛИ(G4=2;0;ЕСЛИ(G4=1;1)))

E6: =ЕСЛИ(F5=0;2;ЕСЛИ(F5=2;0;ЕСЛИ(F5=1;1)))

E7: =ЕСЛИ(G5=0;2;ЕСЛИ(G5=2;0;ЕСЛИ(G5=1;1)))

F7: =ЕСЛИ(G6=0;2;ЕСЛИ(G6=2;0;ЕСЛИ(G6=1;1)))

Ввод указанных формул обеспечит автоматическое заполнение левой нижней части матрицы парных сравнений при вводе экспертных оценок в соответствующие ячейки правой верхней части матрицы.

- Для заполнения диапазона Н3:Н7 рекомендуется использовать функцию =СУММА(ссылка), указав ссылку на диапазон ячеек соответствующей строки.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2			F1	F2	F3	F4	F5	Сумма	Ранг	
3		F1	1	2	2	1	0	=СУММ(C3:G3)		
4		F2	0	1	1	1	0			
5		F3	0	1	1	2	1			
6		F4	1	1	0	1	1			
7		F5	2	2	1	1	1			
8										

Рисунок 1.52 – Расчет рангов (шаг 1)

- Для заполнения столбца I рекомендуется использовать встроенную функцию MS Excel РАНГ, имеющую следующий синтаксис:

=РАНГ(число; ссылка; порядок)

«Число» — это ссылка на ячейку диапазона, содержащую число, для которого определяется ранг.

«Ссылка» — это ссылка на диапазон ячеек, содержащий список чисел.

«Порядок» — аргумент, определяющий способ ранжирования. Может принимать два значения: 0 и 1.

Если значение аргумента «порядок» будет установлено равным «0» или опущено, то ранг равный 1 будет присвоен объекту с наибольшей суммой баллов; если значение аргумента «порядок» будет установлено равным «1», то первый ранг получит объект с наименьшей суммой баллов.

Наиболее распространенный подход к ранжированию предполагает присвоение первого ранга объекту с наибольшей суммой баллов. В ячейку I3 введем следующую формулу:

I3: =РАНГ(H3;\$H\$3:\$H\$7;0)

Далее рекомендуется растянуть введенную формулу на диапазон ячеек I3:I7. В результате выполнения всех описанных действий получим готовую матрицу парных сравнений:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2			F1	F2	F3	F4	F5	Сумма	Ранг	
3		F1	1	2	2	1	0	6	2	
4		F2	0	1	1	1	0	3	5	
5		F3	0	1	1	2	1	5	3	
6		F4	1	1	0	1	1	4	4	
7		F5	2	2	1	1	1	7	1	
8										

Рисунок 1.53 – Расчет рангов (шаг 2)

Количество матриц парных сравнений на листе MS Excel равно числу членов экспертной группы. Последующие матрицы парных сравнений формируются путем копирования исходной матрицы с пустым диапазоном ячеек в верхнем правом углу. В диапазон ячеек с рангами перед копированием матриц следует изменить абсолютные ссылки на относительные, нажав функциональную кнопку F4.

Шаг 2 Формирование матрицы рангов

Формирование матрицы рангов осуществляется путем создания шаблона таблицы 1 (см.рис.1.53) и указанием ссылок на ячейки с результатами расчетов в матрицах парных сравнений.

	A	B	C	D	E	F	G
42		Таблица 1 - Матрица рангов					
43		Факторы	Эксперты				
44			1	2	3	4	5
45		F1	=I3	=I11	=I19	=I27	=I35
46		F2	=I4	=I12	=I20	=I28	=I36
47		F3	=I5	=I13	=I21	=I29	=I37
48		F4	=I6	=I14	=I22	=I30	=I38
49		F5	=I7	=I15	=I23	=I31	=I39
50							

Рисунок 1.54 – Динамические связи

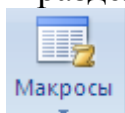
	A	B	C	D	E	F	G	H
42		Таблица 1 - Матрица рангов						
43		Факторы	Эксперты					
44			1	2	3	4	5	
45		F1	2	1	1	1	2	
46		F2	5	4	1	3	5	
47		F3	3	3	4	3	3	
48		F4	4	5	5	5	4	
49		F5	1	2	1	1	1	
50								

Рисунок 1.55 – Результаты расчетов

Шаг 3 Формирование матрицы стандартизованных рангов

Для расчета стандартизованных рангов в MS Excel, к сожалению, не существует встроенной функции, однако этот недостаток может быть преодолен в результате создания пользовательской функции (написания макроса). Для этого необходимо выполнить следующую последовательность действий:

- В разделе **ВИД** выберите пункт **МАКРОСЫ**, щелкнув пиктограмму



- Создайте новую пользовательскую функцию st_rang, реализующую расчет стандартизованных рангов:

```
Function St_rang(x As Variant, R_1 As Object, t As Boolean) As Double  
'R_1 As Object, t As Boolean) As Double
```

'x - значение из массива (например, адрес ячейки памяти)
'R_1 - массив (анализируемая выборка)
't - 0 - сортировка по возрастающей; 1 - сортировка по убывающей

```
Dim mas1() As Double  
Dim mas2() As Double  
Dim tmas() As Double
```

```
num_elem = R_1.Count 'номер элемента
```

```
'создание массива для ранжирования рангов
```

```
'Dim mas1 As Variant
```

```
'mas1 = R_1.Value
```

```
ReDim mas2(num_elem)
```

```
ReDim mas1(num_elem)
```

```
ReDim tmas(num_elem)
```

```
'Формирование копии выходного массива
```

```
For i = 1 To num_elem
```

```
mas1(i) = R_1.Cells(i)
```

```
mas2(i) = i
```

```
Next i
```

```
'Ранжирование массива данных
```

```
Counter = 1 ' инициализация индикатора перестановок
```

```
While Counter = 1 ' анализ значения индикатора перестановок
```

```
Counter = 0
```

```
For i = 1 To num_elem - 1
```

```
If mas1(i) > mas1(i + 1) Then tp = mas1(i): mas1(i) = mas1(i + 1): mas1(i + 1) = tp: Counter = 1
```

```
Next i
```

```
Wend
```

```
'поиск связанных рангов
```

```
i = 1
```

```
While i < num_elem
```

```
If mas1(i) = mas1(i + 1) Then 'начало связки
```

```
K = i + 1
```

```
While mas1(i) = mas1(K)
```

```
K = K + 1
```

```
If K > num_elem Then GoTo nm
```

```
Wend
```

```
nm: aver_rank = (mas2(i) + mas2(K - 1)) / 2
```

```
For m = i To K - 1
```

```
mas2(m) = aver_rank
```

```
Next m
```

```
i = K - 1
```

```
End If
```

```
i = i + 1
```

```
Wend
```

```
'поиск ранга введенного элемента массива
```

```
For i = 1 To num_elem
```

```
If x = mas1(i) Then St_rang = mas2(i)
```

```
Next i
```

```
End Function
```

3. Сохраните документ как книгу MS Excel с поддержкой макросов (с расширением .xlsm).
4. Создайте таблицу с названием Матрица стандартизированных рангов

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
42		Таблица 1 - Матрица рангов									
43		Факторы	Эксперты								
44			1	2	3	4	5				
45		F1	2	1	1	1	2				
46		F2	5	4	1	3	5				
47		F3	3	3	4	3	3				
48		F4	4	5	5	5	4				
49		F5	1	2	1	1	1				
50											
51		Таблица 2 - Матрица стандартизированных рангов									
52		Факторы	Эксперты					Σ	d	d2	
53			1	2	3	4	5				
54		F1	=st_rang(C45;SC\$45:SC\$49;0)								
55		F2									
56		F3									
57		F4									
58		F5									
59		Σ									
60											

Рисунок 1.56 – Расчет стандартизированных рангов

В ячейку C54 необходимо ввести созданную пользовательскую функцию, имеющую следующий синтаксис: =st_rang (число; ссылка; порядок), Аргументы «число», «ссылка» и «порядок» аналогичны аргументам функции РАНГ. Пример использования функции st_rang приведен на рисунке (см. ячейку C54). Далее эту формулу необходимо растянуть на весь диапазон ячеек данного столбца. Копируя данную формулу в первые ячейки соседних столбцов необходимо преобразовать абсолютные ссылки на диапазон в относительные с использованием функциональной кнопки F4. В результате получим:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
50										
51	Таблица 2 - Матрица стандартизированных рангов									
52		Факторы	Эксперты					Σ	d	d ²
53			1	2	3	4	5			
54		F1	2,00	1,00	2,00	1,50	2,00			
55		F2	5,00	4,00	2,00	3,50	5,00			
56		F3	3,00	3,00	4,00	3,50	3,00			
57		F4	4,00	5,00	5,00	5,00	4,00			
58		F5	1,00	2,00	2,00	1,50	1,00			
59		Σ	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00			
60										

Рисунок 1.57 – Матрица стандартизированных рангов

Далее для расчета коэффициента конкордации необходимо определить сумму стандартизированных рангов. Для решения этой задачи воспользуемся стандартными функциями MS Excel:

В ячейку H54 необходимо ввести функцию =СУММ(C54:G54), указав ссылку на диапазон ячеек соответствующей строки. Далее введенную формулу следует растянуть на блок ячеек H65:H58, а в итоговую строку данного столбца ввести формулу: =СУММ(H54:H58)

Для определения отклонения суммы стандартизированных рангов от среднего значения (d_i) в ячейку I54 необходимо ввести формулу:

I54: =H54-CPЗНАЧ(\$H\$54:\$H\$58),

Далее скопируйте ее на весь диапазон ячеек I54:I58. В ячейку J54 вводится формула: =I54^2

Результат расчетов представлен на рисунке:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
42		Таблица 1 - Матрица рангов										
43		Факторы	Эксперты									
44			1	2	3	4	5					
45		F1	2	1	1	1	2					
46		F2	5	4	1	3	5					
47		F3	3	3	4	3	3					
48		F4	4	5	5	5	4					
49		F5	1	2	1	1	1					
50												
51		Таблица 2 - Матрица стандартизированных рангов										
52		Факторы	Эксперты					Σ	d	d ²		
53			1	2	3	4	5					
54		F1	2,00	1,00	2,00	1,50	2,00	8,50	-6,50	42,25		
55		F2	5,00	4,00	2,00	3,50	5,00	19,50	4,50	20,25		
56		F3	3,00	3,00	4,00	3,50	3,00	16,50	1,50	2,25		
57		F4	4,00	5,00	5,00	5,00	4,00	23,00	8,00	64,00		
58		F5	1,00	2,00	2,00	1,50	1,00	7,50	-7,50	56,25		
59		Σ	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	75,00		185,00		
60												

Рисунок 1.58 – Расчет коэффициента конкордации

Далее для расчета коэффициента конкордации необходимо рассчитать показатель связанных рангов (T_j). Для упрощения расчетов рекомендуется под матрицей стандартизированных рангов создать блок вспомогательных ячеек, в котором предусмотреть строку для ввода значения повторяющегося объекта и строку с указанием количества повторений.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
50											
51	Таблица 2 - Матрица стандартизированных рангов										
52	Факторы	Эксперты					Σ	d	d ²		
53		1	2	3	4	5					
54	F1	2,00	1,00	2,00	1,50	2,00	8,50	-6,50	42,25		
55	F2	5,00	4,00	2,00	3,50	5,00	19,50	4,50	20,25		
56	F3	3,00	3,00	4,00	3,50	3,00	16,50	1,50	2,25		
57	F4	4,00	5,00	5,00	5,00	4,00	23,00	8,00	64,00		
58	F5	1,00	2,00	2,00	1,50	1,00	7,50	-7,50	56,25		
59	Σ	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	75,00		185,00		
60											
61	Значение			1	1						
62	Кол-во	0	0	3	2						
63	Значение				3						
64	Кол-во				2						
65	Tj	0	0	24	12	0	36				
66											

Рисунок 1.59 – Расчет показателя связанных рангов

В ячейку С65 необходимо ввести формулу расчета показателя связанных рангов: $=(C62^3-C62)+(C64^3-C64)$, а затем скопировать ее на весь диапазон ячеек С65:G65. Для определения итогового значения необходимо воспользоваться функцией СУММ:

H65: $=СУММ(C65:G65)$

Для расчета коэффициента конкордации и критерия согласия Пирсона необходимо в любые пустые ячейки рабочего ввести расчетные формулы, указав ссылки на ячейки с соответствующими показателями.

Альтернативный вариант расчета коэффициента конкордации и критерия согласия Пирсона предполагает использование следующего макроса:

```
Sub Concord_cof()
'Вычисление коэффициента конкордации
Dim s_1() As Double
Dim s_links() As Double
Dim ranks_mas() As Double
Dim mas1() As Double
Dim mas2() As Double
Dim tp As Double
Dim alfa As Double

Set input_data = Application.InputBox( _
    Title:="Ввод матрицы исходных данных", _
```

```
prompt:="Выделите в матрице рангов блок ячеек, содержащий экспертные оценки (без заголовков).", _  
Type:=8)
```

```
Set Input_alfa = Application.InputBox( _  
Title:="Ввод уровня значимости", _  
prompt:="Выделите ячейку, содержащую уровень значимости", _  
Type:=8)
```

```
alfa = Input_alfa.Value
```

```
Set Output_data = Application.InputBox( _  
prompt:="Выберите ячейку, с которой будут выводиться результаты оценки согласованности мнений экспертов", _  
Type:=8)
```

```
Num_row = input_data.Rows.Count 'Вычисление количества строк  
Num_col = input_data.Columns.Count 'Вычисление количества столбцов
```

```
ReDim s_1(Num_row)  
ReDim s_links(Num_col)  
ReDim ranks_mas(1 To Num_row, 1 To Num_col)  
ReDim mas1(Num_row)  
ReDim mas2(Num_row)
```

```
'Вычисление матрицы рангов
```

```
For j = 1 To Num_col  
For i = 1 To Num_row  
mas1(i) = input_data.Columns(j).Cells(i)  
s_1(i) = i: mas2(i) = i  
Next i
```

```
'Сортировка столбца данных
```

```
Counter = 1 'Инициализация индикатора перестановок  
While Counter = 1 'Анализ значения индикатора перестановок  
Counter = 0  
For i = 1 To Num_row - 1  
If mas1(i) > mas1(i + 1) Then  
tp = mas1(i): mas1(i) = mas1(i + 1): mas1(i + 1) = tp: Counter = 1  
tpn = s_1(i): s_1(i) = s_1(i + 1): s_1(i + 1) = tpn  
End If  
Next i  
Wend
```

```
'Столбец данных (его копия) отсортирована
```

```
'Поиск связей среди ранжированного массива и корректировка рангов
```

```
ind_links = 0  
s_links(j) = 0  
i = 1  
While i < Num_row  
If mas1(i) = mas1(i + 1) Then 'начало связки  
ind_links = 1  
K = i + 1
```

```

While mas1(i) = mas1(K)
  K = K + 1
  If K > Num_row Then GoTo nm
Wend
nm: aver_rank = (mas2(i) + mas2(K - 1)) / 2
  For m = i To K - 1
    mas2(m) = aver_rank
  Next m
  s_links(j) = s_links(j) + ((K - i) ^ 3 - (K - i))
  i = K - 1
End If
i = i + 1
Wend

'Возобновление порядка следования рангов в
'соответствии с оригинальным массивом
Counter = 1 'Инициализация индикатора перестановок
While Counter = 1 'Анализ значения индикатора перестановок
  Counter = 0
  For i = 1 To Num_row - 1
    If s_1(i) > s_1(i + 1) Then
      tp = mas2(i): mas2(i) = mas2(i + 1): mas2(i + 1) = tp: Counter = 1
      tpn = s_1(i): s_1(i) = s_1(i + 1): s_1(i + 1) = tpn
    End If
  Next i
Wend

  For i = 1 To Num_row
    ranks_mas(i, j) = mas2(i)
  Next i
Next j

Dim R_sum As Double 'Общая сумма
Dim L_sum As Double
Dim R_obj_sum As Double 'Сумма рангов одного объекта
R_sum = 0
L_sum = 0

For i = 1 To Num_row
  R_obj_sum = 0
  For j = 1 To Num_col
    R_obj_sum = R_obj_sum + ranks_mas(i, j)
  Next j
  R_sum = R_sum + (R_obj_sum - Num_col * (Num_row + 1) / 2) ^ 2
Next i

For j = 1 To Num_col
  L_sum = L_sum + s_links(j)
Next j
'Вычисление коэффициента конкордации
Dim W_koff As Double
Dim W_krit As Double

```

```
Dim W_krit1 As Double
Dim A As Double
Dim B As Double
```

```
B = (Num_row - 1) / 2 - 1 / Num_col
A = B * (Num_col - 1)
```

```
W_koff = 12 * R_sum / (Num_col ^ 2 * (Num_row ^ 3 - Num_row) - Num_col * L_sum)
W_krit = 1 - Application.WorksheetFunction.BetaInv(alfa, A, B) + _
    36 / ((Num_col ^ 2) * (Num_row ^ 3 - Num_row))
W_krit1 = Application.WorksheetFunction.ChiInv(alfa, Num_row - 1) / _
    (Num_col * (Num_row - 1))
```

```
X_kvadrat_r = 12 * R_sum / (Num_col * Num_row * (Num_row + 1) - L_sum / (Num_row - 1))
```

'Формирование и вывод результатов

```
Output_data.Offset(0, 0).Value = "РЕЗУЛЬТАТ ОЦЕНКИ СОГЛАСОВАННОСТИ  
МНЕНИЙ ЭКСПЕРТОВ: "
```

```
Output_data.Offset(1, 0).Value = "Коэффициент конкордации = " & W_koff
```

```
Output_data.Offset(2, 0).Value = "Расчетное значение X2 = " & X_kvadrat_r
```

```
If W_koff > W_krit Then
```

```
Output_data.Offset(3, 0).Value = "Коэффициент конкордации ЗНАЧИМ"
```

```
Else
```

```
Output_data.Offset(3, 0).Value = "Коэффициент конкордации НЕ ЗНАЧИМ"
```

```
End If
```

```
End Sub
```

Для упрощения использования созданного макроса целесообразно создать и использовать кнопочную форму, выполнив следующую последовательность действий:

- нажать многофункциональную кнопку MS Office, выбрать Параметры MS Excel,
- поставить отметку около пункта «Показывать вкладку Разработчик на ленте»

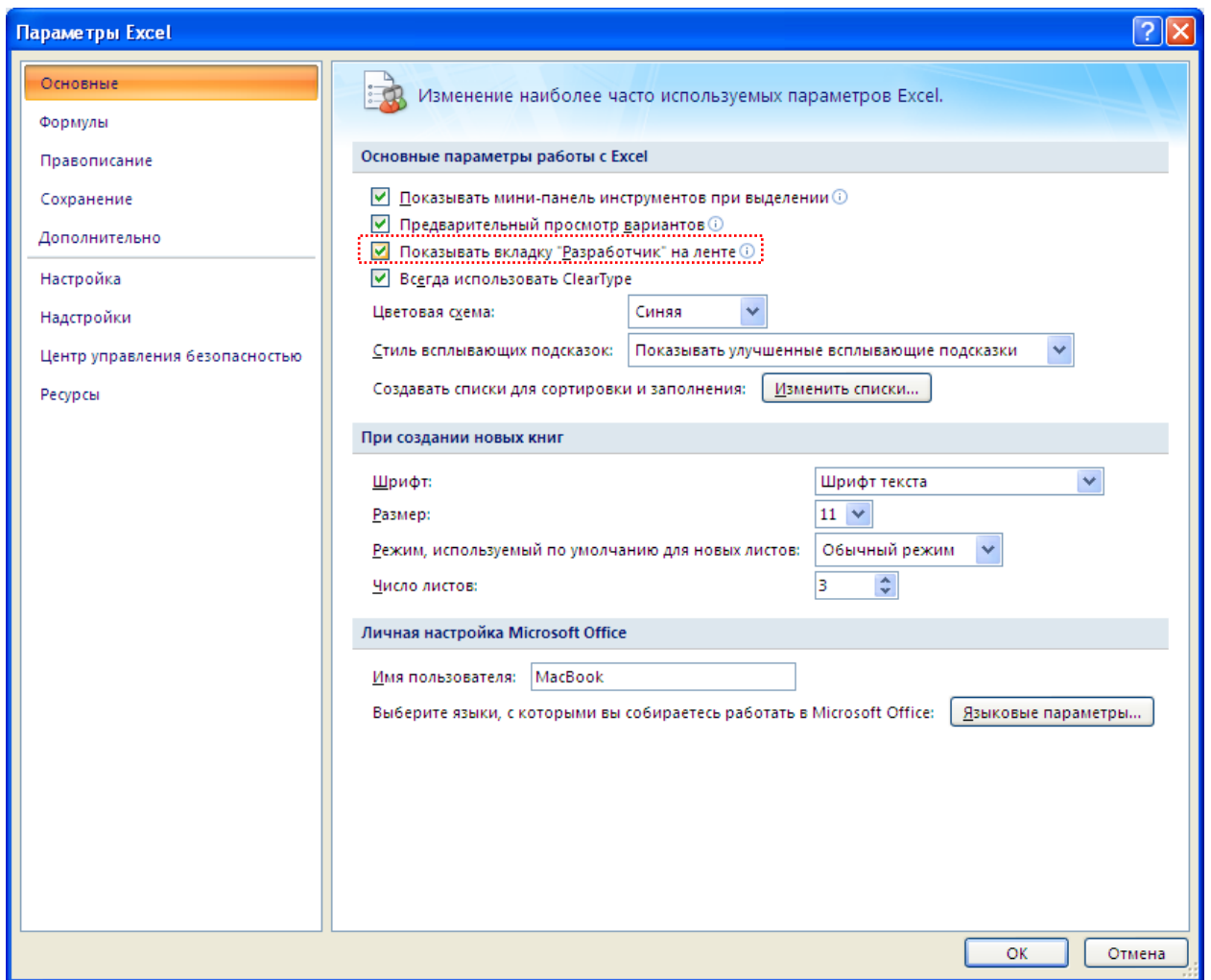
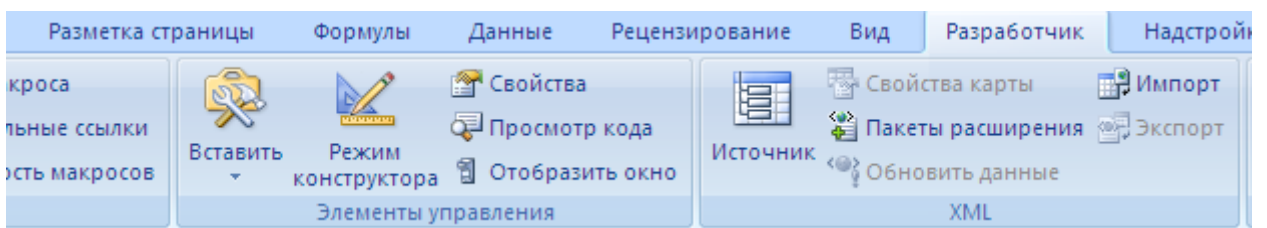
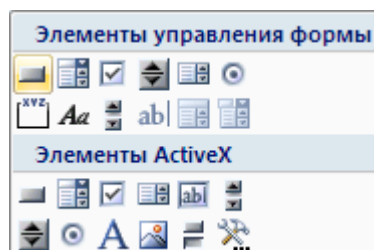


Рисунок 1.60 – Активизация надстройки VBA



- в меню **РАЗРАБОТЧИК** выбрать инструмент **Вставить**, в появившемся диалоговом окне выбрать инструмент «кнопка».



- указать имя макроса, который должен выполняться при нажатии данной кнопки, щелкнуть ОК;

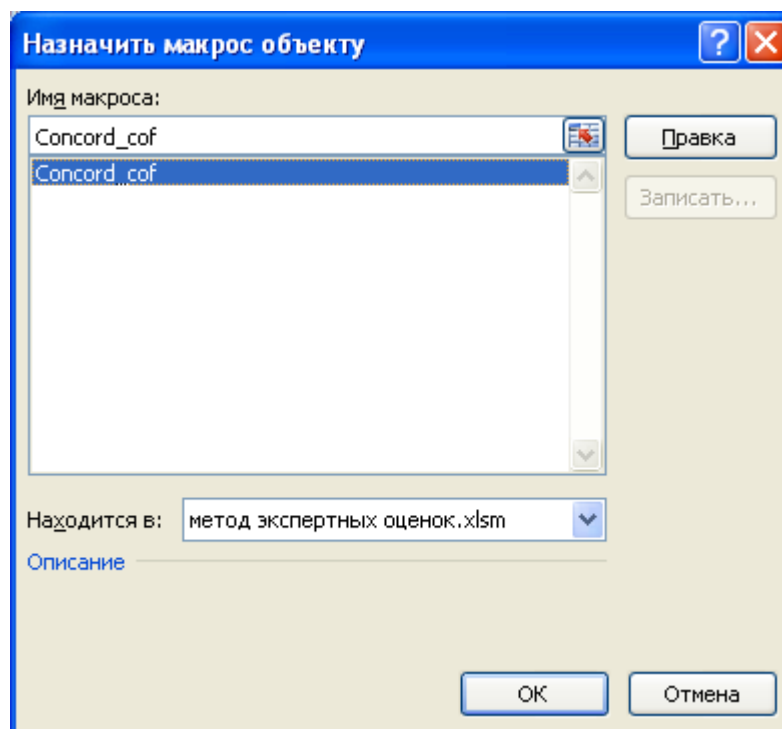


Рисунок 1.61 – Запуск макроса

- перед выполнением данного макроса необходимо в одну из ячеек рабочего листа внести уровень значимости (например, 0,05). При нажатии кнопки будет выдан запрос на выделение области рабочего листа, куда необходимо поместить результаты расчетов.

Использование макросов и динамических моделей позволяет существенно ускорить процесс обработки данных, получаемых от экспертов и избежать случайных ошибок.

1.6 Задания для самостоятельного выполнения

Задача 1

Составить прогноз количества пользователей интернет-провайдера на сентябрь месяц с помощью метода скользящего среднего на основании данных представленных в таблице 1.20

Таблица 1.20 –Исходные данные

Наименование показателя	Месяц							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Количество пользователей, тыс. чел.	1,5	2,4	3,7	4,9	5,1	5,9	6,3	6,9

Метод скользящего среднего реализовать двумя способами:

- с помощью функции СРЗНАЧ (),
- с помощью надстройки «Скользящее среднее».

Скользящее среднее рассчитать за 3 и за 5 временных периодов.

Задача 2

Имеются данные о количестве пользователей сети сотовой связи за 11 месяцев текущего года (см. табл.1.21). Необходимо составить прогноз на декабрь месяц с помощью метода экспоненциального сглаживания. Константу сглаживания α принять равной 0,3.

Таблица 1.21 – Исходные данные

Наименование показателя	Месяц										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Количество пользователей, тыс. чел.	1,9	2,6	3,5	4,7	5,4	5,9	6,7	6,9	7,3	7,6	7,9

Задача 3

На основании данных таблицы 1.22 построить линейную, степенную, логарифмическую, экспоненциальную и полиномиальную трендовые модели, отражающие зависимость объема продаж от затрат на рекламу. Выбрать тип трендовой модели, обеспечивающий наибольшую точность аппроксимации. Определить прогнозируемый объем продаж на следующий месяц с учетом того, что бюджетом предусмотрены затраты на рекламу 15 000 ден.ед.

Таблица 1.22 – Исходные данные

№	Объем продаж, ден. ед.	Затраты на рекламу, ден. ед.
1	16 625	3 706
2	22 225	5 737
3	26 367	7 354
4	30 842	8 108
5	33 145	9 079
6	42 158	11 302
7	57 015	12 863
8	54 320	13 173
9	59 544	13 865
10	68 354	15 929
11	72 410	20 511
12	70 984	21 669
13	80 367	22 569
14	97 664	23 351
15	86 408	25 057

Задача 4

По 15 филиалам крупной производственной организации проведено исследование зависимости уровня производительности труда от ввода новых основных производственных фондов (x_1 - % от стоимости фондов на конец года) и от удельного веса рабочих со стажем более пяти лет в общей численности рабочих (x_2).

Таблица 1.23 – Исходные данные

№ филиала	y	x_1	x_2
1	46	2,7	13
2	59	3,6	14
3	61	3,7	15
4	62	3,2	16
5	63	4,0	15
6	76	4,8	21
7	98	5,2	23
8	123	4,6	23
9	126	6,7	22
10	128	6,7	24
11	131	8,3	26
12	143	9,3	27
13	173	9,8	40
14	184	10,8	44
15	194	11,8	43

На основании данных представленных в таблице 1.23 необходимо построить многомерную регрессионную модель и оценить возможность ее использования для прогнозирования.

Задача 5

Проанализировать данные об объеме продаж на наличие сезонных колебаний, составить прогноз на 2 квартал 2012 года на основе моделей с аддитивной и мультипликативной компонентами. Выбрать модель, обеспечивающую наибольшую точность прогноза.

Таблица 1.24 – Исходные данные

№	t	Объем продаж, тыс. руб.
1	янв-март 2009	160
2	апр-июнь 2009	189
3	июль-сент 2009	140
4	окт-дек 2009	220
5	янв-март 2010	290
6	апр-июнь 2010	235
7	июль-сент 2010	200
8	окт-дек 2011	285
9	янв-март 2011	350
10	апр-июнь 2011	310
11	июль-сент 2011	250
12	окт-дек 2011	310
13	янв-март 2012	370

Задача 6

На основе данных, представленных в таблице 1.25 выполнить ABC и XYZ-анализ, разработать рекомендации для выбора уровня детализации при разработке прогноза.

Таблица 1.25 – Исходные данные

Наименование товара	Объем продаж, ден.ед.		
	январь	февраль	март
1	2	3	4
ноутбук Toshiba A660-181	326 390	217 084	343 008
ноутбук Toshiba L670-15M	280 583	201 537	332 242
ноутбук Acer AOD255-2BQrr	246 199	218 245	261 796
ноутбук HP Compaq Mini CQ10	207 590	227 794	214 022
ноутбук Asus EeePC 900AX	205 500	235 651	260 258
принтер HP LJ P4515	170 035	183 406	195 491
ноутбук Sony VPC-M13M1R/L	119 333	174 039	109 705
сканер HP ScanJet 5590C (L1910A)	115 460	96 285	91 901
ноутбук Sony VPC-M13M1R	110 319	151 953	155 776
принтер Epson S22	75 470	48 387	26 203
веб-камера Logitech WebCam C120	23 481	20 664	23 724
принтер Samsung CLP-325	23 407	19 929	30 874
мышь Asus UT200 Optical USB Black	15 516	17 355	19 687
сканер Epson Perfection V330 Photo	13 531	1 544	619

Продолжение табл.1.25

1	2	3	4
клавиатура Genius SlimStar 330	2 839	3 745	4 124
клавиатура Genius KB06X	2 038	2 213	2 442
мышь Genius Xscroll Optical	1 784	2 180	2 106
коммуникатор Acer E101	1 758	2 238	2 058
мышь Logitech B110 Optical Mouse	514	631	409
руль Genius Speed Wheel 3	340	288	240

Задача 7

С помощью метода имитационного моделирования Монте-Карло необходимо составить прогноз доходов организации связи, предоставляющей услуги передачи данных и передачи речи двум категориям пользователей (индивидуальным и корпоративным). Логика расчета доходов может быть представлена в виде следующей экономико-математической модели:

$$RV = RV_{Voice} + RV_{Data} = \sum_{i=1}^2 N_i \cdot ARPU_{Voice\ i} + \sum_{i=1}^2 N_i ARPU_{Data\ i}, \quad (1.35)$$

где RV - общая сумма доходов от предоставления услуг сети,

RV_{Voice} - доходы от услуг по передаче речи,

RV_{Data} - доходы от услуг по передаче данных,

N_i - количество пользователей сети i -ой группы,

$ARPU_{Voice\ i}$ - средний доход от предоставления голосовых услуг в расчете на одного пользователя,

$ARPU_{Data\ i}$ - средний доход от услуг по передаче данных в расчете на одного пользователя.

Средний доход от предоставления услуг по передаче речи в расчете на одного пользователя определяется по формуле:

$$ARPU_{Voice\ i} = MoU_i \cdot m_{min\ i}, \quad (1.36)$$

где MoU_i - средний ежемесячный голосовой трафик от одного пользователя i -ой группы, мин.;

$m_{min\ i}$ - тариф за минуту для пользователей i -ой группы.

Соответственно, формула для определения среднего дохода от предоставления услуг по передаче данных в расчете на одного пользователя имеет вид:

$$ARPU_{Data\ i} = MboU_i \cdot m_{Mb\ i}, \quad (1.37)$$

где $MboU_i$ - средний ежемесячный трафик передачи данных от одного пользователя i -ой группы, Мб;

$m_{Mb\ i}$ - тариф за мегабайт для пользователей i -ой группы.

Рекомендуемые типы вероятностных распределений и входные параметры определенные экспертным путем представлены в таблице 1.26

Таблица 1.26 - Исходные данные для имитационного моделирования

Наименование переменной		Тип вероятностного распределения	Входные параметры
Количество пользователей i-ой группы	индивидуальных	равномерное	[15 000; 20 000]
	корпоративных	равномерное	[2 500; 5 000]
Средний ежемесячный голосовой трафик от одного пользователя i-ой группы (MoU_i)	индивидуальных	нормальное	$\overline{MoU}_{ind} = 600$ мин. $\sigma = 90$ мин.
	корпоративных	нормальное	$\overline{MoU}_{corp} = 2700$ мин. $\sigma = 500$ мин.
Средний ежемесячный трафик передачи данных от одного пользователя i-ой группы ($MboU_i$)	индивидуальных	нормальное	$\overline{MboU}_{ind} = 500$ Мб. $\sigma = 150$ мин.
	корпоративных	нормальное	$\overline{MboU}_{corp} = 2100$ Мб. $\sigma = 300$ мин.

Таблица 1.27 - Исходные данные

Наименование показателя	Индивидуальные пользователи	Корпоративные пользователи
Средний тариф за минуту для пользователей i-ой группы ($m_{min i}$), руб.	0,5	0,7
Средний тариф за мегабайт для пользователей i-ой группы ($m_{Mb i}$), руб.	1,5	1,7

В процессе имитационного моделирования рекомендуется сгенерировать не менее 500 значение для каждой из стохастических переменных. На основе полученного эмпирического распределения доходов выполните экономико-статистический анализ результатов имитации.

Задача 8

На региональном рынке услуги сотовой связи предоставляют 5 телекоммуникационных компаний. Руководство ОАО «X-telecom» приняло решение об изменении тарифной политики и расширении номенклатуры предоставляемых услуг. С целью определения рыночной позиции компании в будущем году сформирована экспертная группа из 5

высококвалифицированных специалистов. Результаты опроса экспертов представлены в табл.1.28

Таблица 1.28 - Матрица рангов

Проекты	Эксперты				
	1	2	3	4	5
А	2	2	1	1	1
В	1	1	2	2	2
С	3	3	3	3	3
Х	4	3	4	4	3
Д	5	4	4	5	4

Необходимо определить рыночную долю компании «Х-telecom» и оценить согласованность мнений экспертов.

1.7 Контрольные вопросы

1. Что такое прогноз?
2. Для чего необходимы прогнозы? Поясните цель процесса прогнозирования в организации.
3. Можно ли считать термины «план» и «прогноз» синонимами?
4. Назовите основные виды прогнозов.
5. В чем заключается отличие качественных и количественных методов прогнозирования.
6. Укажите область применения метода скользящего среднего, его преимущества и недостатки.
7. Каким образом метод скользящего среднего может быть реализован в MS Excel?
8. Поясните принципиальное отличие метода экспоненциального сглаживания от метода скользящего среднего.
9. Какие виды трендовых моделей могут быть построены в MS Excel?
10. Что характеризует коэффициент детерминации?
11. Поясните алгоритм построения трендовой модели в MS Excel.
12. В чем состоит недостаток метода проецирования тренда ?
13. Каким образом может быть учтена сезонность в прогнозных расчетах?
14. В чем состоит отличие моделей с аддитивной и мультипликативной компонентами?
15. Каким образом осуществляется десезонализация данных в прогнозных расчетах?
16. Назовите показатели, характеризующие точность прогноза.
17. Что характеризует средняя процентная ошибка прогноза?
18. Поясните, каким образом метод ABC и XYZ-анализа могут быть использованы в процессе прогнозирования.

19. Какие виды вероятностных распределений могут быть использованы в процессе имитационного моделирования Монте-Карло?
20. Какие виды экспертных методов Вам известны?
21. В чем состоит принципиальное отличие метода мозгового штурма?
22. Что такое ранжирование?
23. В каком случае возникает необходимость расчета стандартизированных рангов? Приведите пример расчета стандартизированных рангов.
24. Назовите показатель, характеризующий согласованность мнений членов экспертной группы?

ГЛАВА 2 ИНСТРУМЕНТАРИЙ КОНКУРЕНТНОГО АНАЛИЗА

Задача оценки конкурентоспособности организации в настоящее время является весьма актуальной, т.к. современная рыночная среда развивается очень динамично. Для того чтобы, быть конкурентоспособной и успешно функционировать, организация должна тщательно следить за рыночной конъюнктурой. Оценка конкурентоспособности организации является необходимой для каждого руководителя. Знание своих положительных и отрицательных сторон позволяет принимать оптимальные стратегические решения, снижающие риск в долгосрочном временном интервале.

Для того, чтобы определить способы и пути повышения конкурентоспособности отдельно взятой компании, прежде всего, необходимо провести анализ и дать оценку конкурентной позиции, выявить внутренние сильные и слабые стороны. Это те ключевые компоненты, которые должны быть рассмотрены перед выработкой дальнейшей конкурентной стратегии. Только располагая данными о рыночной ситуации предприятие сможет принять правильное решение о стратегии последующего развития. Анализ конкурентной ситуации предполагает обработку очень больших массивов данных, незаменимым помощником для аналитика может служить средства MS Excel, в частности инструмент «Сводные таблицы».

2.1 Использование «Сводных таблиц» MS Excel для подготовки аналитических отчетов о состоянии конкурентной среды

Сводные таблицы предназначены для обработки и систематизации больших массивов данных и подготовки аналитических отчетов. Данный инструмент позволяет оперативно осуществлять выборку информации из генеральной совокупности в соответствии с запросом пользователя. С этой задачей маркетологи-аналитики сталкиваются ежедневно, от успешности и скорости ее выполнения в значительной мере зависит своевременность реакции компании на произошедшие изменения.

Рассмотрим возможность использования данного инструмента на примере исследования конкурентной ситуации на рынке услуг доступа в Интернет.

1. Сформировать таблицу, включающую следующие столбцы:
 - наименование региона;
 - наименование оператора;
 - наименование тарифного плана;
 - территория действия;
 - вид тарифного плана (лимитный / безлимитный);
 - скорость доступа, кбит/сек.;
 - технология;

- абонентская плата, руб./мес.;
- объем включенного трафика, Мб;
- стоимость дополнительного трафика днем, руб./Мб;
- стоимость дополнительного трафика ночью, руб./Мб;
- стоимость внутреннего трафика, руб.

2. Используя открытые источники информации заполнить таблицу данными о 10 Интернет-провайдерах, предоставляющих услуги доступа в Интернет на территории Сибирского федерального округа.

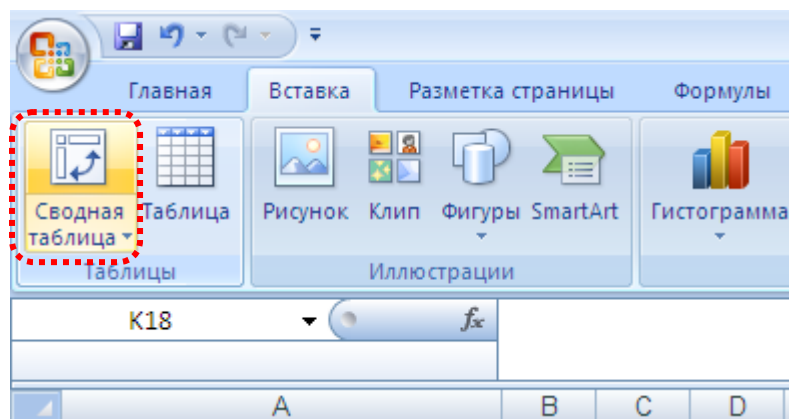
3. На основании данных исходной таблицы сформировать аналитический отчет о безлимитных тарифных планах, предлагаемых жителям (физическим лицам) Томской, Омской и Новосибирской областей. В отчете представить информацию в региональном разрезе, указав наименования провайдеров, тарифных планов, предлагаемую скорость доступа и соответствующую сумму абонентской платы. Форма аналитической таблицы представлена ниже:

Таблица 2.1 - Сравнительный анализ тарифных планов Интернет-провайдеров

Регион	Провайдер	Тарифный план	Скорость доступа, кбит/сек.				
			128	256	512	1024	2048
Новосибирская область	А	ТП (a1)					
		ТП (a2)					
		ТП (a3)					
		ТП (a4)					
	В	ТП (b1)					
		ТП (b2)					
		ТП (b3)					
		ТП (b4)					
		ТП (b5)					
	С	ТП (c1)					
		ТП (c2)					
		ТП (c3)					
					
Омская область	Х	ТП (x1)					
		ТП (x2)					
	У	ТП (y1)					
		ТП (y2)					
		ТП (y3)					
					

Для получения аналитической таблицы рекомендуется воспользоваться инструментом MS Excel «Сводные таблицы», выполнив следующую последовательность действий:

1. Поместить курсор мыши на область исходной таблицы и в меню «Вставка» выбрать пункт «Сводная таблица», щелкнув соответствующую пиктограмму:



2. В появившемся диалоговом окне указать область вывода результатов (существующий или новый рабочий лист)

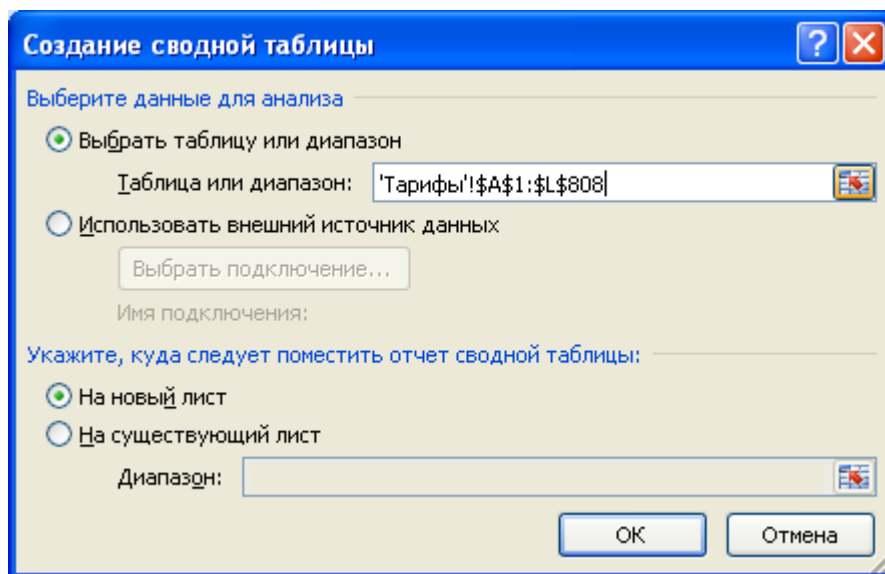


Рисунок 2.1 - Диалоговое окно построения сводной таблицы

В результате выполнения данной операции появится макет сводной таблицы (см.рис.2.1), который необходимо заполнить.

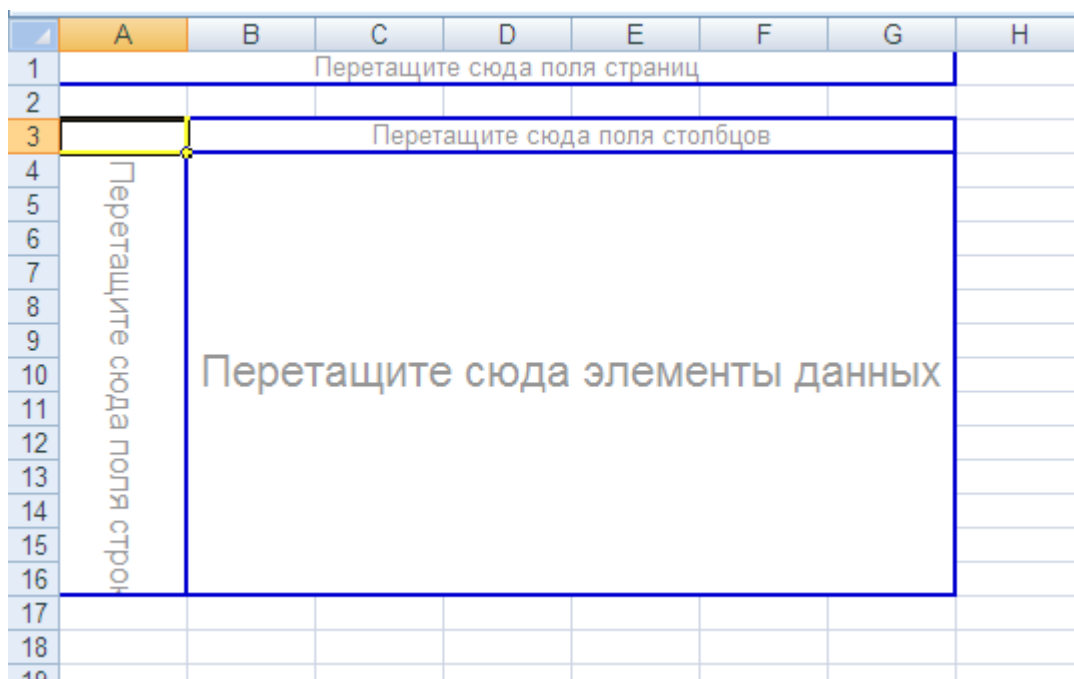


Рисунок 2.2 – Макет сводной таблицы

Существует 2 способа заполнения полей:

1. Путем перемещения названий полей сводной таблицы из списка, расположенного в правом верхнем поле рабочего листа в соответствующую область макета сводной таблицы.

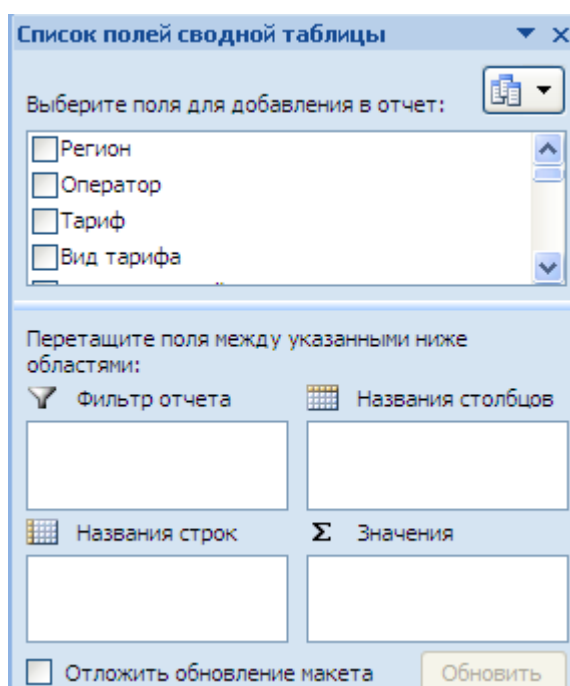


Рисунок 2.3 – Фрагмент рабочего поля

2. Путем перемещения названий полей сводной таблицы из списка, расположенного в правом верхнем поле рабочего листа во

вспомогательные поля «Фильтр отчета», «Названия столбцов», «Названия строк», «Значения».

Для формирования необходимой аналитической таблицы воспользуемся вторым способом и выберем следующие поля:

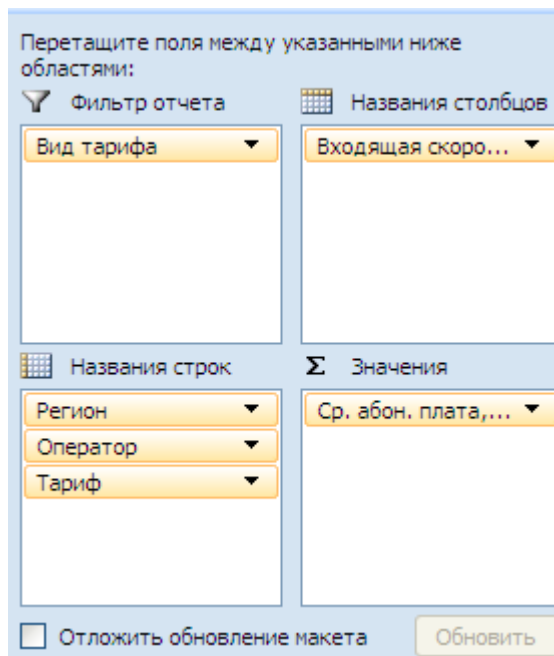


Рисунок 2.4 – Фрагмент рабочего поля

При перемещении поля «Абонентская плата» в область « Σ значения» по умолчанию будет задана операция суммирования. Щелкнув левой кнопкой мыши по соответствующему маркеру, появится раскрывающийся список, в котором необходимо выбрать пункт «Параметры полей значений».

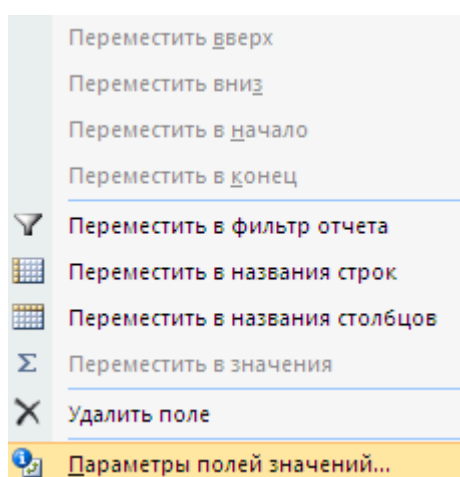


Рисунок 2.5 – Фрагмент диалогового окна

В появившемся диалоговом окне может быть выбрана необходимая операция (например, расчет среднего значения).

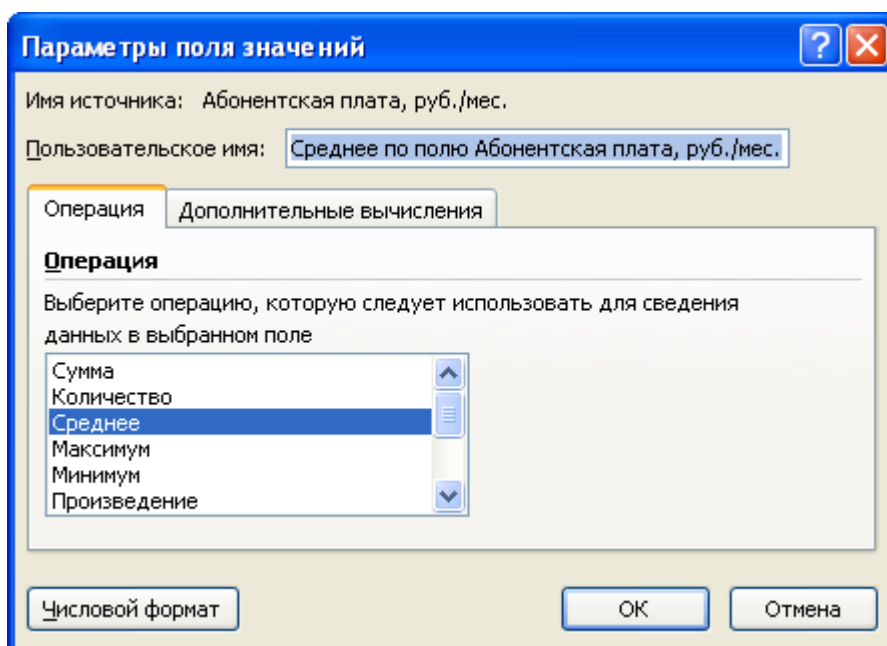


Рисунок 2.6 – Установка параметров полей значений

При формировании аналитической таблицы может возникнуть необходимость вывода не всей совокупности данных, а определенной выборки. Например, аналитик считает необходимым включить в таблицу только наиболее популярные у пользователей скорости доступа. Для решения этой задачи могут быть использованы фильтры значений.

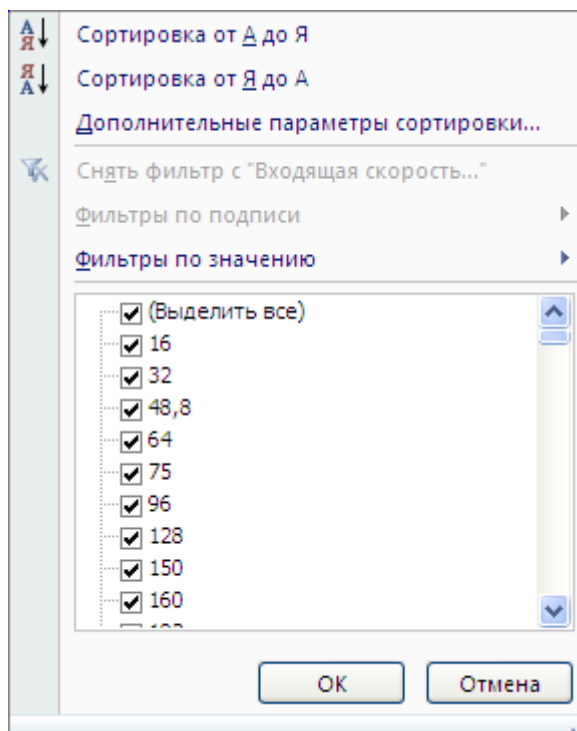



Рисунок 2.7 – Фрагмент диалогового окна

Для использования данного инструмента необходимо щелкнуть на пиктограмму, расположенную рядом с наименованием поля . В появившемся диалоговом окне (см. рис.2.7) снять метку около поля «Выделить все» и установить метки только около тех значений, которые необходимо включить в отчет.

При выполнении указанных действий в сводной таблице может изменяться ширина столбцов, что пользователю создает дополнительные неудобства. Для устранения этого недостатка необходимо щелкнуть правой кнопкой мыши по одной из ячеек сводной таблицы и в появившемся меню выбрать пункт «Параметры сводной таблицы».

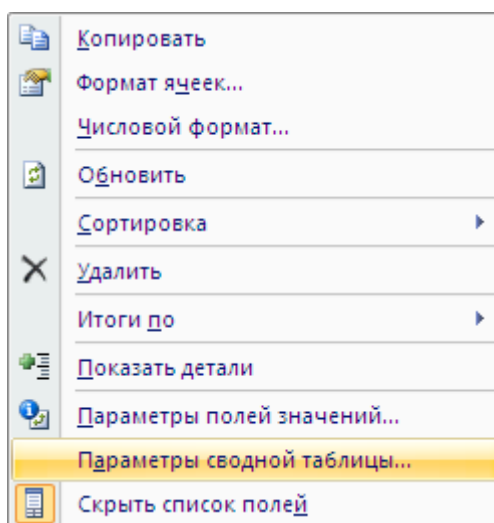


Рисунок 2.8 – Запуск инструмента «параметры сводной таблицы»

Далее в появившемся диалоговом окне снять метку около поля «Автоматически изменять ширину столбцов при обновлении».

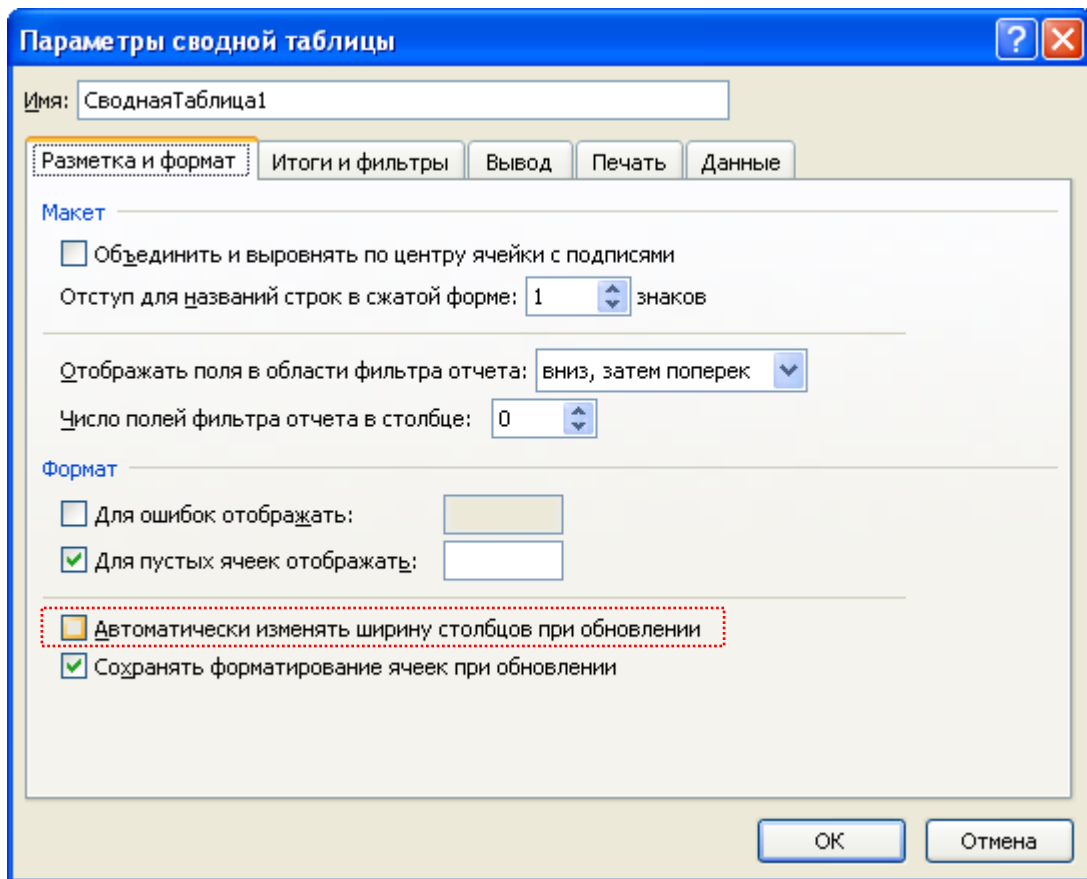


Рисунок 2.9 – Диалоговое окно определения параметров сводной таблицы

Сводные таблицы являются универсальным инструментом, позволяющим оперативно получать информацию в различных аспектах. Для получения дополнительной информации в сформированный макет таблицы могут быть добавлены новые поля, а существующие поля могут быть удалены или заменены.

Например, сформированную аналитическую таблицу можно использовать для просмотра информации о лимитных тарифных планах.

Для этого достаточно сменить фильтр отчета, щелкнув на соответствующую пиктограмму. Вид тарифа Безлимитный

В появившемся меню выбрать пункт «лимитный»

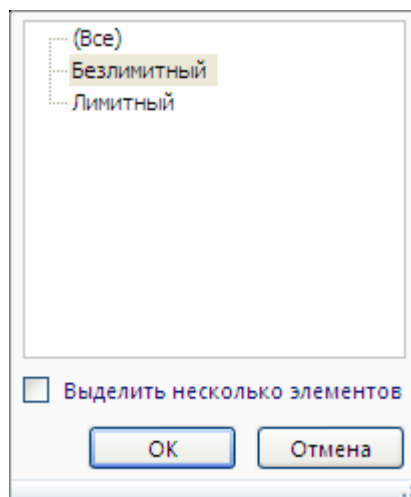


Рисунок 2.10 – Выбор критериев отбора

Полученная сводная таблица может быть расширена. Например, преобразуем ее в таблицу следующей формы:

Таблица 2.2 - Сравнительный анализ тарифных планов интернет-провайдеров

Регион	Данные	Провайдер	Скорость доступа, кбит/сек.				
			128	256	512	1024	2048
Новосибирская область	Стоимость доп. трафика днем	A					
		B					
		C					
		D					
		...					
	Объем включенного трафика	A					
		B					
		C					
		D					
		...					
Новосибирская область, ср.абон.плата							
Омская область	Стоимость доп. трафика днем	X					
		Y					
		Z					
		...					
	Объем включенного трафика	X					
		Y					
		Z					
		...					
Омская область, ср.абон.плата							

Для получения подобной таблицы необходимо в область « Σ Значения» переместить поля «Абонентская плата, руб./мес.» и «Стоимость доп.трафика днем, руб./Мб»

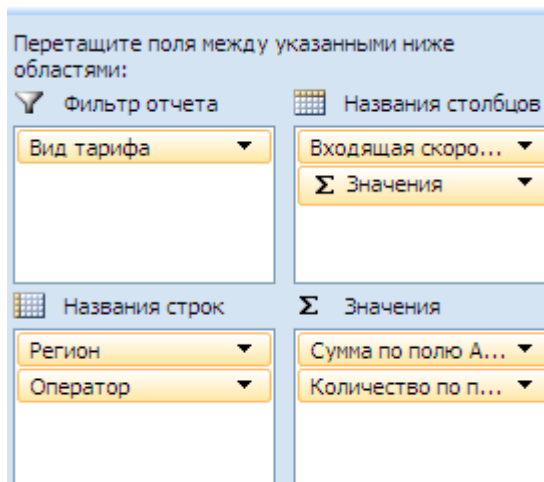


Рисунок 2.11 – Установка параметров для формирования сводной таблицы

Далее необходимо вместо установленных по умолчанию операций «Сумма по полю абонентская плата» и «Количество по полю стоимость доп.трафика» выбрать операцию Среднее. для этого необходимо встать левой кнопкой мыши на название поля и в появившемся контекстном меню выбрать пункт «Параметры полей значений»

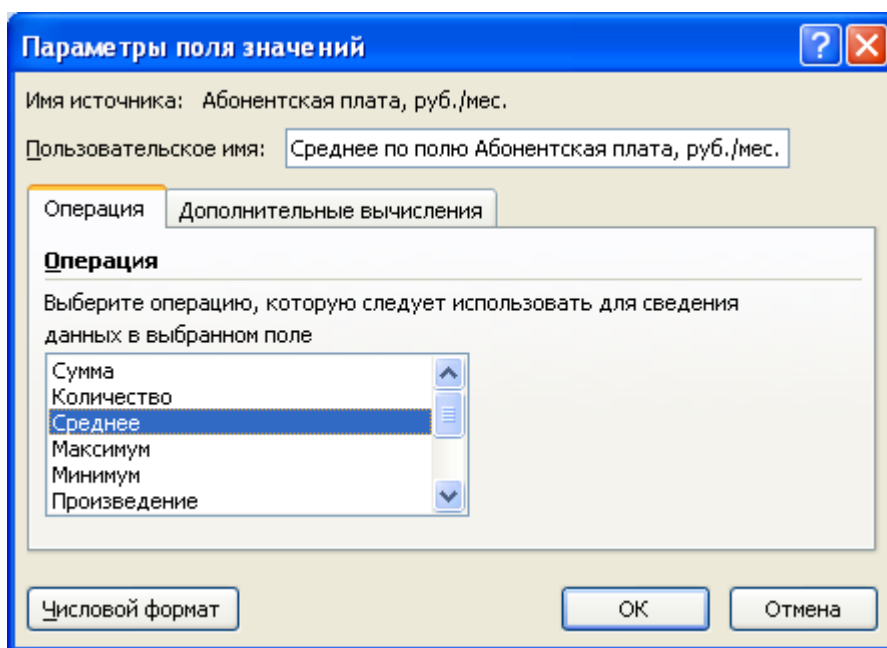


Рисунок 2.12 – Диалоговое окно определения параметров полей значений

Для размещения указанных полей в строках таблицы необходимо переместить поле Σ Значения из области Названия столбцов в область Названия строк. Аналитическая таблица примет необходимый вид.

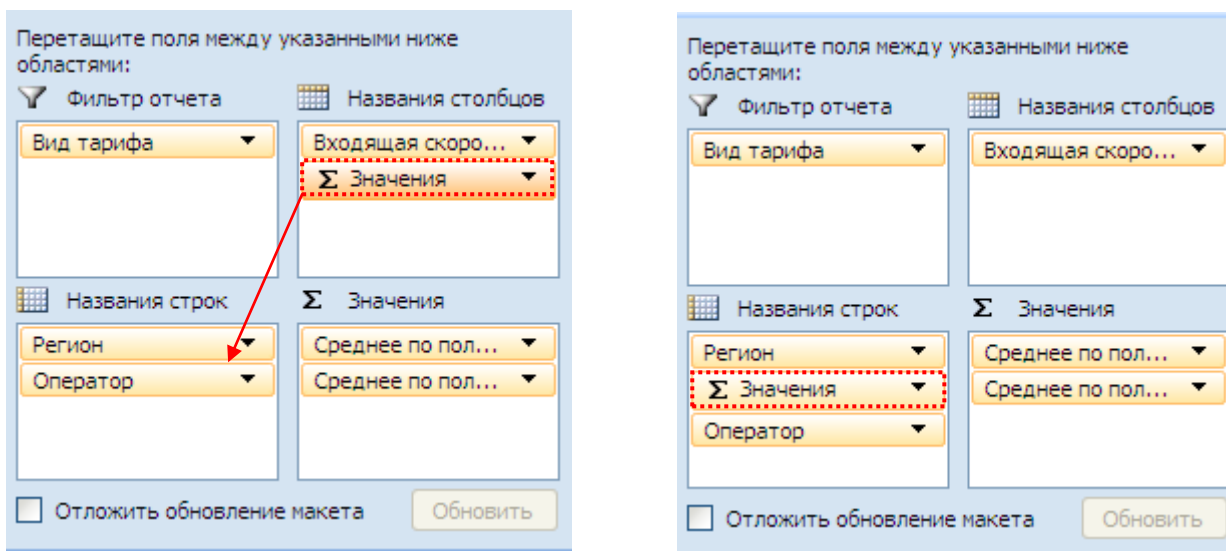


Рисунок 2.13 – Процесс формирования сводной таблицы

Оформление сводной таблицы

Для придания аналитической таблице большей наглядности может быть использованы дополнительные инструменты. Например, выделим строки таблицы, содержащие среднюю стоимость абонентского трафика. Для этого необходимо встать рядом с левой верхней границей ячейки. После появления черной стрелки необходимо выбрать желаемый цвет заливки и необходимый стиль ячейки.

Вычисляемые поля

Важным преимуществом сводной таблицы является возможность использования вычисляемых полей. Рассмотрим на примере.

Необходимо определить сумму первоначального платежа, включающего стоимость подключения, сумму абонентской платы и стоимость оборудования.

Для выполнения данного запроса необходимо построить сводную таблицу с вычисляемым полем. Для этого:

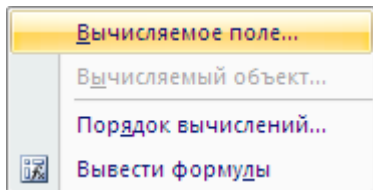
- в меню «Параметры» выбрать пункт «Формулы», щелкнув



Формулы

соответствующую пиктограмму ;

- в появившемся меню выбрать пункт «Вычисляемое поле»;



- в диалоговое окно ввести желаемое наименование поля и формулу.

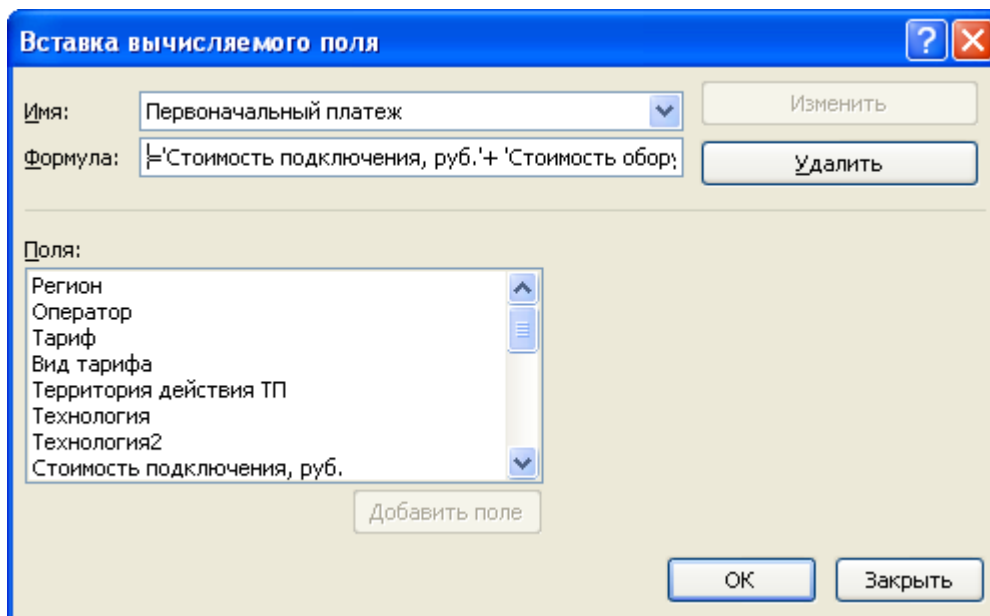


Рисунок 2.14 – Вставка вычисляемого поля

Для проверки значений вычисляемого поля можно вывести поля, участвующие в расчете и проверить соответствие полученных значений.

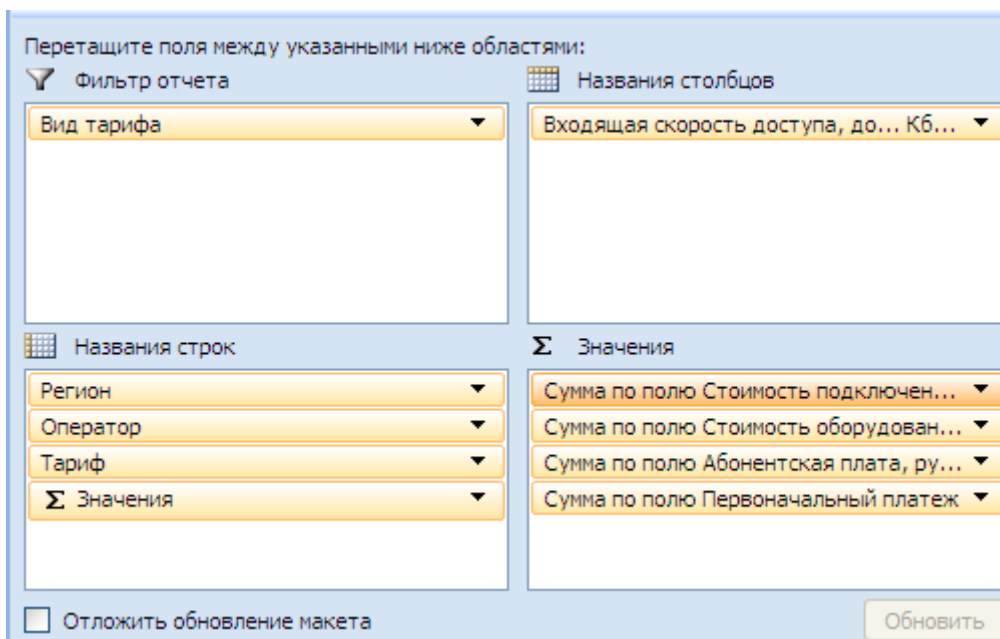


Рисунок 2.15 – Фрагмент рабочего поля формирования сводной таблицы

2.2 Разработка динамической модели оценки конкурентной позиции организации на основе метода анализа иерархии

Метод анализа иерархии является систематической процедурой иерархического представления элементов, определяющих суть проблемы. Метод состоит в декомпозиции проблемы на более простые составляющие и дальнейшей обработке последовательности суждений лица принимающего решения по парным сравнениям. В основе метода анализа иерархий лежат три принципа:

- принцип декомпозиции,
- принцип парных сравнений,
- принцип синтеза приоритетов.

Принцип декомпозиции

В МАИ основная цель исследования и все факторы, в той или иной степени влияющие на достижение поставленной цели, распределяются по уровням. На первом уровне всегда находится одна вершина – цель проводимого исследования. Второй уровень иерархии составляют факторы, непосредственно влияющие на достижение поставленной цели. На последнем уровне определяются все возможные альтернативы достижения поставленной цели. Принцип декомпозиции можно представить в виде следующей схемы:

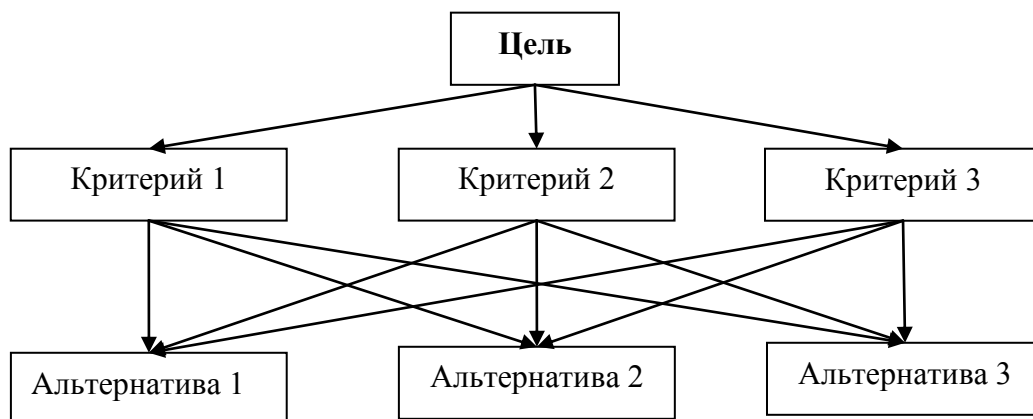


Рисунок 2.16 – Декомпозиция задачи в иерархию

Принцип парных сравнений

Принцип парных сравнений заключается в том, что все элементы задачи (факторы) сравниваются попарно по отношению к воздействию на общую характеристику, то есть определяется вес или интенсивность каждого элемента (фактора). Обозначим множество сравниваемых элементов: $C_1, C_2, C_3 \dots C_n$. Веса этих элементов обозначим, соответственно: $V_1, V_2, V_3 \dots V_n$. Результаты сравнения представляются в виде матрицы парных сравнений, которая имеет вид:

Таблица 2.3 – Матрица парных сравнений

	C_1	C_2	...	C_n
C_1	V_1/V_1	V_1/V_2	...	V_1/V_n
C_2	V_2/V_1	V_2/V_2	...	V_2/V_n
...
C_n	V_n/V_1	V_n/V_2	...	V_n/V_n

Если веса элементов $V_1, V_2, V_3 \dots V_n$ заранее неизвестны, то сравнения производятся с использованием субъективных суждений, оцениваемых по шкале относительной важности.

Таблица 2.4 - Шкала относительной важности

Интенсивность относительной важности	Определение
0	варианты не сравнимы
1	равная важность
3	умеренное превосходство одного над другим
5	существенное или сильное превосходство
7	значительное превосходство
9	очень сильное превосходство
2,4,6,8	промежуточные решения между двумя соседними суждения

Принцип синтеза приоритетов

Принцип синтеза приоритетов заключается в разработке глобального критерия на основе системы локальных критериев. Локальные критерии определяются как векторы приоритетов каждой матрицы парных сравнений.

Собственный вектор матрицы обозначается $A=(a_1, a_2, a_3, \dots, a_n)$, где $a_1, a_2, a_3 \dots a_n$ – значения компонент собственного вектора матрицы.

Расчет собственного вектора матрицы (A) выполняется в следующей последовательности:

- 1) определяем среднее геометрическое по каждой строке матрицы парных сравнений;
- 2) складываем элементы этого столбца;
- 3) делим каждый из элементов на полученную сумму.

В общем виде значения компонент собственного вектора матрицы могут быть представлены в следующем виде:

$$a_1 = \sqrt[n]{\left[\frac{v_1}{v_1} \cdot \frac{v_1}{v_2} \cdot \dots \cdot \frac{v_1}{v_n} \right]}, \quad (2.1)$$

$$a_2 = \sqrt[n]{\left[\frac{v_2}{v_1} \cdot \frac{v_2}{v_2} \cdot \dots \cdot \frac{v_2}{v_n} \right]}, \quad (2.2)$$

$$a_n = \sqrt[n]{\left[\frac{v_n}{v_1} \cdot \frac{v_n}{v_2} \cdot \dots \cdot \frac{v_n}{v_n} \right]}. \quad (2.3)$$

Итогом этих операций будет собственный вектор матрицы (A). Далее рассчитывается **вектор приоритетов X**, который и будет показывать значимость сравниваемых элементов.

$$X = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n), \quad (2.4)$$

где $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ – значения компонент вектора приоритетов.

Компоненты вектора приоритетов могут быть определены по следующим формулам:

$$x_1 = \frac{a_1}{S_a}, \quad x_2 = \frac{a_2}{S_a}, \quad \dots \quad x_n = \frac{a_n}{S_a}, \quad (2.5)$$

где S_a – сумма значений компонент собственного вектора матрицы.

$$S_a = a_1 + a_2 + \dots + a_n. \quad (2.6)$$

Далее определяется согласованность проведенных оценок, путем определения отношения согласованности (ОС).

$$ОС = \frac{ИС}{СС} \leq 20\%, \quad (2.7)$$

где ОС – отношение согласованности,

ИС – индекс согласованности,

СС – величина соответствующая средней случайной согласованности матрицы такого порядка, определяется по следующей табл.2.5:

Таблица 2.5 - Средние согласованности случайных матриц [16]

Размер матрицы	Случайная согласованность
1,2	0
3	0,58
4	0,9
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45
10	1,49

Индекс согласованности может быть определен по следующей формуле:

$$\text{ИС} = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}, \quad (2.8)$$

где n – число сравниваемых элементов,
 λ_{\max} – расчетная величина.

Для расчета λ_{\max} определяется сумма по каждому столбцу матрицы, которая умножается на соответствующую компоненту вектора приоритетов. Условно это можно представить в следующем виде:

$$\sum S_1 * x_1 + \sum S_2 * x_2 + \sum S_3 * x_3 + \dots + \sum S_n * x_n = \lambda_{\max}, \quad (2.9)$$

где $\sum S_1, \sum S_2, \sum S_3, \dots, \sum S_n$ – сумма элементов соответствующих столбцов матрицы. Полученные значения вектора приоритетов (X) представляют собой систему локальных критериев, на основе которых рассчитывается глобальный приоритет альтернативы по каждому варианту.

$$P_{j\Gamma} = \sum_{i=1}^m P_j(i) \cdot b(i), \quad (2.10)$$

где $P_{j\Gamma}(i)$ – приоритет j – ой альтернативы по i – ому критерию,
 $b(i)$ – приоритет или значимость i – ого критерия.

Рассмотрим пример использования метода анализа иерархии для решения задачи оценки конкурентной позиции компании.

Пример:

Телекоммуникационная компания Альфа предоставляет услуги сотовой связи на территории Сибирского федерального округа. На региональном рынке телекоммуникационных услуг работает еще 3 компании:

- 1) X-telecom,
- 2) Y-telecom,
- 3) Z-telecom.

Необходимо оценить конкурентную позицию компании Альфа, разработать рекомендации по повышению уровня конкурентоспособности.

Решение:

Метод анализа иерархии предполагает поэтапное выполнение расчетов.

Приступая к оценке конкурентной позиции необходимо решить 2 задачи:

- 1) сформировать группу экспертов;
- 2) разработать систему критериев, по которым будет выполняться анализ.

Количество экспертов примем равным 7 человекам. Это независимые квалифицированные специалисты, имеющие опыт работы в данной сфере деятельности. Оценку будем выполнять по следующим критериям:

- 1) **гибкость тарифной политики** (т.е. возможность выбора наиболее подходящего тарифного плана, их разнообразие, а также уровень тарифов на предлагаемые услуги);
- 2) **качество разговорного тракта** (слышимость, узнаваемость, разборчивость, надежность соединения, отсутствие разъединений после того, как соединение уже установлено);
- 3) **зона покрытия** (площадь обслуживаемой территории, соответствие фактической зоны обслуживания зоне представленной на карте);
- 4) **сервисное обслуживание** (отношение к клиентам, компетентность персонала, отсутствие очередей, трудностей с дозвоном в абонентскую службу);
- 5) **известность торговой марки.**

Декомпозиция задачи в иерархию представлена на рисунке:

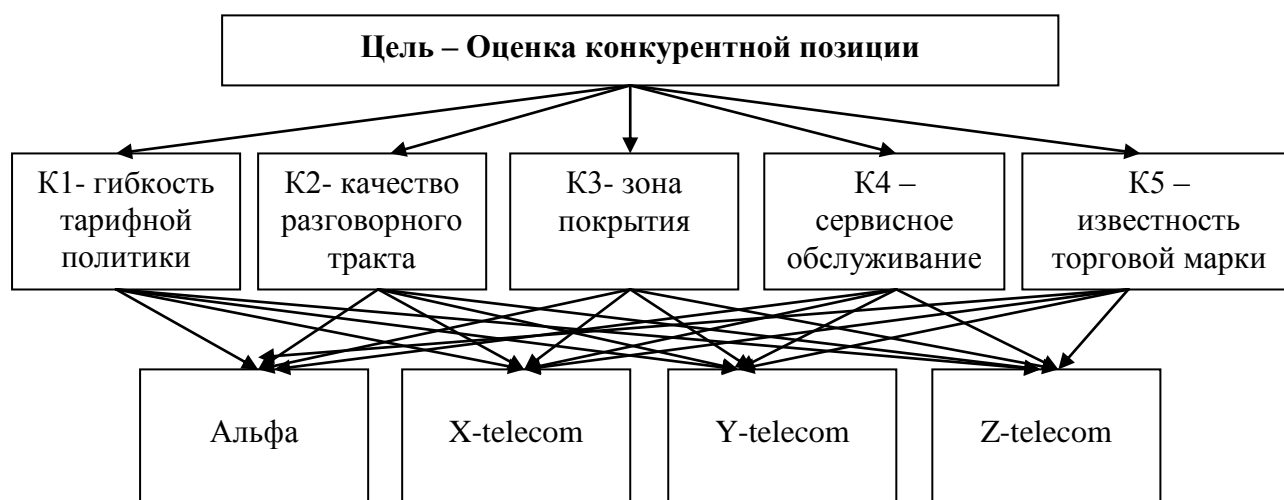


Рисунок 2.17 – Декомпозиция задачи в иерархию

Необходимо заметить, что каждый из перечисленных факторов имеет разную степень значимости. Соответственно, на первом этапе необходимо оценить значимость каждого из критериев с точки зрения членов экспертной группы.

Этап 1 – Определение значимости критериев

Для этого строится матрица парных сравнений критериев. Пример такой матрицы представлен ниже:

	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1									
2		Матрица парных сравнений (эксперт 1)							
3		K1	K2	K3	K4	K5	A	X	
4	K1	1	1	7	9	9			
5	K2	1	1	5	9	9			
6	K3	1/7	1/5	1	3	3			
7	K4	1/9	1/9	1/3	1	5			
8	K5	1/9	1/9	1/3	1/5	1			
9	Σ								

Рисунок 2.18 - Матрица парных сравнений 1-ого эксперта

Для оценки значимости используется шкала относительной важности (см. табл.2.4). Если степень значимости критерия К1 значительно превосходит значимость критерия К3, то в ячейке с адресом G4 ставим 7. Если бы значимость критерия К3 значительно превышала значимость критерия К1, то в клетке G4 была бы поставлена обратная оценка (1/7).

В матрице парных сравнений заполняется только верхний правый треугольник. В нижнем левом треугольнике вводятся расчетные формулы (см. рис. 2.18)

	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1									
2		Матрица парных сравнений (эксперт 1)							
3		K1	K2	K3	K4	K5	A	X	
4	K1	1	1	7	9	9			
5	K2	=1/F4	1	5	9	9			
6	K3	=1/G4	=1/G5	1	3	3			
7	K4	=1/H4	=1/H5	=1/H6	1	5			
8	K5	=1/I4	=1/I5	=1/I6	=1/I7	1			
9	Σ	=СУММ(E4:E8)	=СУММ(F4:F8)	=СУММ(G4:G8)	=СУММ(H4:H8)	=СУММ(I4:I8)			

Рисунок 2.18 – Формирование матрицы парных сравнений (ввод формул)

Далее необходимо рассчитать собственный вектор матрицы (A) и вектор приоритетов (X). Компоненты собственного вектора матрицы рассчитываются по формуле средней геометрической, соответственно, в ячейку с адресом J4 необходимо ввести формулу =СРГЕОМ(E4:I4), а затем растянуть ее на весь диапазон ячеек J5:J8.

В итоговой строке данного столбца используется функция =СУММ(J4:J8)

	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1									
2		Матрица парных сравнений (эксперт 1)							
3		K1	K2	K3	K4	K5	A	X	
4	K1	1	1	7	9	9	=CPГЕОМ(E4:I4)		
5	K2	=1/F4	1	5	9	9	=CPГЕОМ(E5:I5)		
6	K3	=1/G4	=1/G5	1	3	3	=CPГЕОМ(E6:I6)		
7	K4	=1/H4	=1/H5	=1/H6	1	5	=CPГЕОМ(E7:I7)		
8	K5	=1/I4	=1/I5	=1/I6	=1/I7	1	=CPГЕОМ(E8:I8)		
9	Σ	=СУММ	=СУММ	=СУММ	=СУММ	=СУММ	=СУММ(J4:J8)		

Рисунок 2.19 – Расчет собственного вектора матрицы

Далее необходимо определить вектор локальных приоритетов, который и будет показывать значимость сравниваемых критериев с точки зрения данного эксперта. Компонента вектора приоритетов определяется как отношение компоненты собственного вектора матрицы к сумме значений его компонент (см. формулу 2.5). Соответственно, в ячейку K4 необходимо ввести формулу: =J4/\$J\$9, а затем растянуть ее на весь блок ячеек.

	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1									
2		Матрица парных сравнений (эксперт 1)							
3		K1	K2	K3	K4	K5	A	X	
4	K1	1	1	7	9	9	=CPГЕОМ(E4:I4)	=J4/\$J\$9	
5	K2	=1/F4	1	5	9	9	=CPГЕОМ(E5:I5)	=J5/\$J\$9	
6	K3	=1/G4	=1/G5	1	3	3	=CPГЕОМ(E6:I6)	=J6/\$J\$9	
7	K4	=1/H4	=1/H5	=1/H6	1	5	=CPГЕОМ(E7:I7)	=J7/\$J\$9	
8	K5	=1/I4	=1/I5	=1/I6	=1/I7	1	=CPГЕОМ(E8:I8)	=J8/\$J\$9	
9	Σ	=СУММ	=СУММ	=СУММ	=СУММ	=СУММ	=СУММ(J4:J8)	=СУММ(K4:K8)	

Рисунок 2.20 – Расчет вектора приоритетов

Результаты расчетов представлены на рисунке 2.21.

	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1									
2		Матрица парных сравнений (эксперт 1)							
3		K1	K2	K3	K4	K5	A	X	
4	K1	1	1	7	9	9	3.554	0.4261	
5	K2	1	1	5	9	9	3.323	0.3984	
6	K3	1/7	1/5	1	3	3	0.762	0.0914	
7	K4	1/9	1/9	1/3	1	5	0.460	0.0551	
8	K5	1/9	1/9	1/3	1/5	1	0.242	0.0290	
9	Σ	2.365	2.422	13.667	22.200	27.000	8.340	1.0000	

Рисунок 2.21 – Значения вектора приоритетов

Далее определяется согласованность проведенных оценок, путем определения отношения согласованности (формула 2.7). Для упрощения расчетов рекомендуется создать блок вспомогательных ячеек, в который ввести соответствующие расчетные формулы:

	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1												
2		Матрица парных сравнений (эксперт 1)										
3			K1	K2	K3	K4	K5	A	X			
4		K1	1	1	7	9	9	3.554	0.4261		$\lambda :=$	5.228
5		K2	1	1	5	9	9	3.323	0.3984		ИС=(λ -n)/(n-1)	0.057
6		K3	1/7	1/5	1	3	3	0.762	0.0914		СС	1.12
7		K4	1/9	1/9	1/3	1	5	0.460	0.0551		ОС=ИС/СС	5.09%
8		K5	1/9	1/9	1/3	1/5	1	0.242	0.0290			
9		Σ	2.365	2.422	13.667	22.200	27.000	8.340	1.0000			

Рисунок 2.22 – Оценка согласованности мнения эксперта

	L	M	N
1			
2			
3		$\lambda :=$	$=E9*K4+F9*K5+G9*K6+H9*K7+I9*K8$
4			
5		ИС=(λ -n)/(n-1)	$=N3-5/4$
6		СС	1.12
7		ОС=ИС/СС	$=N5/N6$

Рисунок 2.23 – Формирование блока оценки согласованности мнений экспертов

Поскольку ОС не превышает 20%, то результаты опроса эксперта 1 могут быть использованы в дальнейших расчетах. Аналогичным образом проводится опрос других экспертов и оценивается согласованность их мнений. Затем результаты опросов усредняются и формируется коллективное мнение членов экспертной группы (по формуле средней арифметической простой).

	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
64										
65			X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	МО
66		K1	0.426	0.510	0.386	0.538	0.394	0.527	0.589	0.482
67		K2	0.398	0.231	0.373	0.210	0.090	0.231	0.224	0.251
68		K3	0.091	0.062	0.107	0.165	0.368	0.058	0.055	0.129
69		K4	0.055	0.074	0.031	0.039	0.083	0.117	0.070	0.067
70		K5	0.029	0.123	0.103	0.048	0.065	0.067	0.061	0.071
71		Σ	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Рисунок 2.24 – Определение общего мнения членов экспертной группы

Этап 2 – Определение приоритетов компаний по критерию К1 (гибкость тарифной политики)

Для определения приоритетов компаний по критерию «гибкость тарифной политики» необходимо провести их парное сравнение и расставить оценки, заполняя только правый верхний треугольник матрицы.

Перед экспертом ставится вопрос: «Как Вы считаете, у какой компании X или Y более гибкая тарифная политика? В какой степени (превосходство слабое, значительное, очень сильное)?»

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2	К1 - гибкость тарифной политики									
3	Эксперт 1									
4	K1	Alfa	X-telecom	Y-telecom	Z-telecom	A	X			
5	Alfa	1,000	3,000	5,000	7,000	3,201	0,5704			
6	X-telecom	0,333	1,000	1,000	5,000	1,136	0,2025			
7	Y-telecom	0,200	1,000	1,000	5,000	1,000	0,1782			
8	Z-telecom	0,143	0,200	0,200	1,000	0,275	0,0490			
9	Σ	1,676	5,200	7,200	18,000	5,612	1,0000			
10										
11	Эксперт 2									
12	K1	Alfa	X-telecom	Y-telecom	Z-telecom	A	X			
13	Alfa	1,000	5,000	7,000	9,000	4,213	0,6525			
14	X-telecom	0,200	1,000	2,000	7,000	1,294	0,2004			
15	Y-telecom	0,143	0,500	1,000	3,000	0,680	0,1054			
16	Z-telecom	0,111	0,143	0,333	1,000	0,270	0,0418			
17	Σ	1,454	6,643	10,333	20,000	6,457	1,0000			

λ:=	4,174
ИС=(λ-n)/(n-1)	0,058
СС	0,900
ОС=ИС/СС	6,43%

λ:=	4,204
ИС=(λ-n)/(n-1)	0,068
СС	0,900
ОС=ИС/СС	7,55%

Рисунок 2.25– Расчет локальных приоритетов

Аналогичным образом заполняются матрицы для остальных экспертов и определяется обобщенная оценка членов экспертной группы. На 3,4, 5и 6 этапах проводятся аналогичные опросы экспертов по остальным критериям. На 7-ом этапе определяется глобальный приоритет рассматриваемых компаний по всем критериям с учетом их значимости.

	A	B	C	D	E	F	G
1		K1	K2	K3	K4	K5	P глоб.
2		=МПС!L66	=МПС!L67	=МПС!L68	=МПС!L69	=МПС!L70	
3	Alfa	=к1!61	=к2!61	=к3!61	=к4!61	=к5!61	=B3*\$B\$2+C3*\$C\$2+D3*\$D\$2+E3*\$E\$2+F3*\$F\$2
4	X-telecom	=к1!62	=к2!62	=к3!62	=к4!62	=к5!62	=B4*\$B\$2+C4*\$C\$2+D4*\$D\$2+E4*\$E\$2+F4*\$F\$2
5	Y-telecom	=к1!63	=к2!63	=к3!63	=к4!63	=к5!63	=B5*\$B\$2+C5*\$C\$2+D5*\$D\$2+E5*\$E\$2+F5*\$F\$2
6	Z-telecom	=к1!64	=к2!64	=к3!64	=к4!64	=к5!64	=B6*\$B\$2+C6*\$C\$2+D6*\$D\$2+E6*\$E\$2+F6*\$F\$2

Рисунок 2.26 – Динамические связи

	A	B	C	D	E	F	G
1		K1	K2	K3	K4	K5	Р глоб.
2		0,482	0,251	0,129	0,067	0,071	
3	Alfa	0,580	0,553	0,557	0,370	0,430	0,546
4	X-telecom	0,264	0,247	0,280	0,414	0,342	0,277
5	Y-telecom	0,114	0,151	0,119	0,166	0,187	0,133
6	Z-telecom	0,041	0,049	0,044	0,050	0,041	0,044

Рисунок 2.27 – Расчет глобального приоритета

Для упрощения интерпретации результатов анализа рекомендуется построить лепестковую диаграмму сравнительного анализа и итоговую столбиковую диаграмму компонент вектора глобального приоритета.

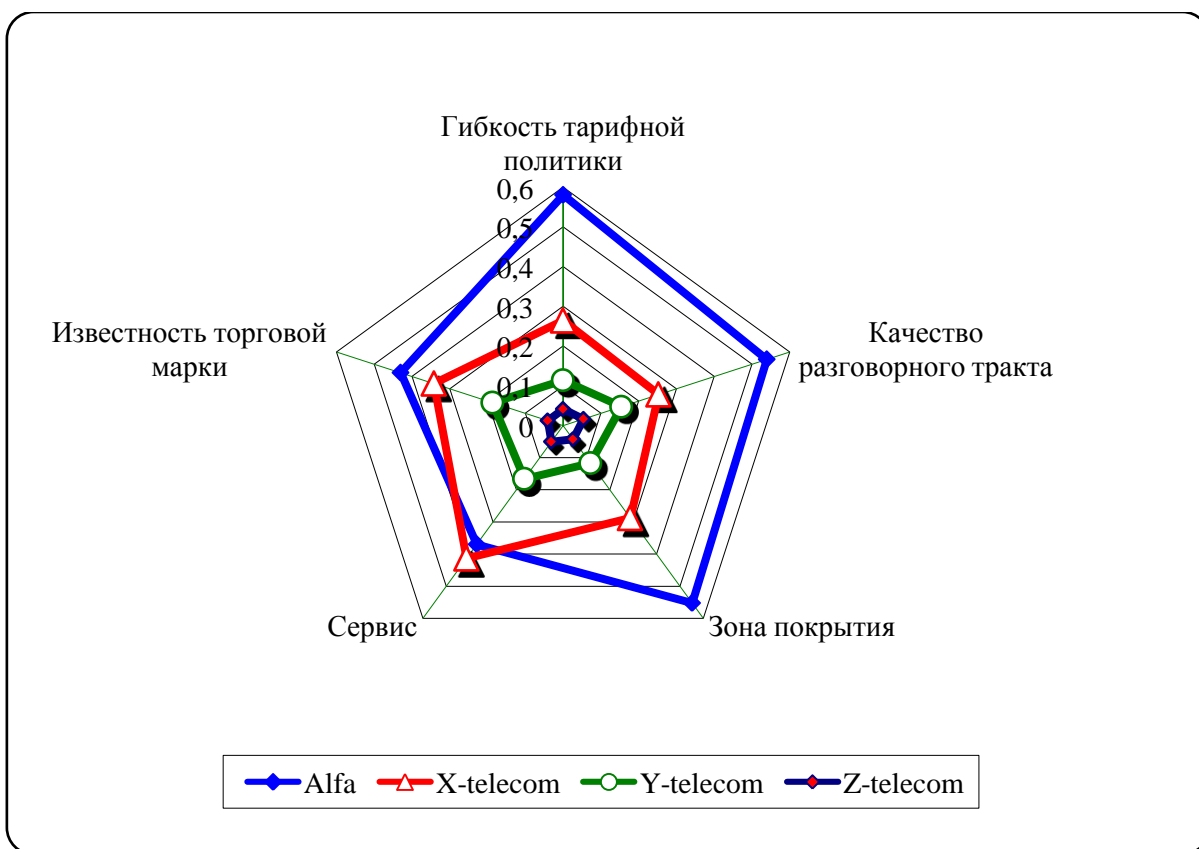


Рисунок 2.28 – Результаты оценки конкурентных позиций

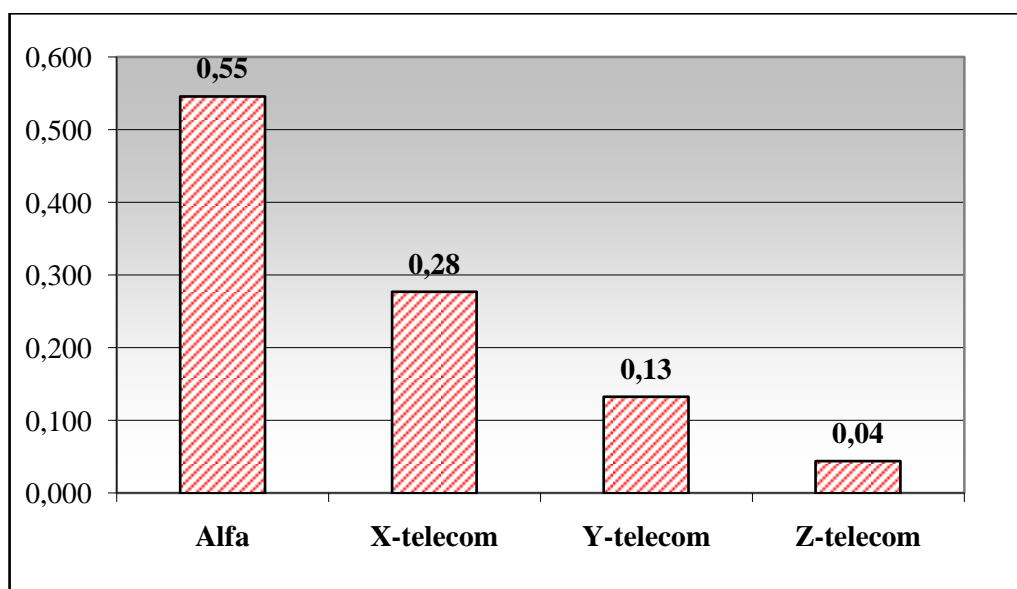


Рисунок 2.29 – Значения компонент вектора глобального приоритета

2.3 Разработка динамической модели, реализующей метод SWOT-анализа

Одна из ключевых задач, возникающая в процессе выполнения конкурентного анализа состоит в определении сильных и слабых сторон организации, а также выявлении потенциальных возможностей и угроз.

Одним из наиболее распространенных инструментов решения этой задачи является метод SWOT-анализа. Название метода представляет собой аббревиатуру, образованную из первых букв английских слов:

- сила (strength),
- слабость (weakness),
- возможности (opportunities),
- угрозы (threats).

Популярность данного метода обусловлена, с одной стороны, с его простотой, универсальностью и доступностью, с другой – с возможностью комплексного взгляда на компанию и ее внешнее окружение. SWOT-анализ позволяет совместить исследование внешней и внутренней среды организации и предполагает выполнение следующих этапов.

Этап 1 – Идентификация сильных и слабых сторон компании, возможностей и угроз

На первом этапе проводится изучение сильных и слабых сторон, а также возможностей и угроз, которые могут возникнуть у компании в настоящем и будущем.

К возможностям относятся события, которые могут способствовать развитию компании, укреплению ее рыночной позиции.

Например:

- принятие законов, способствующих развитию производства;
- появление новых рынков для продукции фирмы;
- благоприятные курсы валют и т.д.

К угрозам относятся те факторы внешней среды, которые могут негативно повлиять на деятельность фирмы.

Например:

- экономические кризисы;
- нестабильность политической обстановки;
- появление нового конкурента;
- появление товара заменителя;
- ввод конкурентами новых тарифных планов;
- возрастание требований со стороны покупателей и поставщиков;
- изменение потребностей и запросов покупателей;
- неблагоприятные демографические, экономические, социальные и т.п.

Сильные стороны – это факторы, которые дают преимущество в конкурентной борьбе. К ним можно отнести:

- высокое качество товара;
- высококвалифицированный персонал;
- гибкую тарифную политику;
- эффективную рекламу;
- развитую сбытовую сеть;
- узнаваемый бренд;
- сильный финансовый потенциал фирмы и т.д.

К слабым сторонам относятся такие внутренние факторы, по которым компания уступает конкурентам.

Например:

- недостаточная квалификация персонала;
- низкая мотивация персонала;
- низкое качество сервисного обслуживания;
- несовершенная технология;
- слабая реклама;
- низкая узнаваемость бренда;
- более высокие цены и т.д.

Этап 2 - Формирование матрицы SWOT-анализа

Таблица 2.6 – Матрица SWOT-анализа

	Интенсивность (A_i)	Возможности (O)			Угрозы (T)		
		O1	O2	O3	T1	T2	T3
Вероятность появления (P_j)							
Коэффициент влияния (K_j)							
Сильные стороны (S)							
S1							
S2							
S3							
Слабые стороны (W)							
W1							
W2							
W3							

В строке P_j указывается вероятность появления конкретных возможностей и угроз. P_j может принимать значения в интервале от 0 до 1. При заполнении матрицы рекомендуется использовать следующую шкалу.

Таблица 2.7 – Шкала оценки вероятностей

Качественная характеристика вероятности появления события	Числовое значение
Низкая вероятность	0,1-0,3
Средняя вероятность	0,4-0,6
Высокая вероятность	0,7-0,9
Очень высокая вероятность	1

В строке K_j указывается значение коэффициента влияния на деятельность организации конкретных возможностей и угроз (в пределах от 0 до 1):

Таблица 2.8 – Шкала оценки факторов влияния

Значение	Интерпретация
0	Влияние отсутствует
1	Создаются совершенные новые возможности для деятельности организации или если реализация угрозы может повлечь прекращение деятельности
0,1-0,3	Влияние слабое
0,4-0,6	Влияние среднее
0,7-0,9	Влияние сильное

В столбце A_i проставляется интенсивность сильных и слабых сторон организации, при этом используется пятибалльная шкала (см.таблица 2.9)

Таблица 2.9 – Шкала оценки интенсивности сильных сторон организации

Балльная оценка	Интерпретация
5	Интенсивность высокая (очень сильное преимущество)
3-4	Интенсивность средняя (достаточно сильное преимущество)
1-2	Незначительное преимущество

Оценка интенсивности слабых сторон выполняется аналогичным образом, но со знаком «минус».

В ячейках a_{ij} указывается способность сильных сторон содействовать реализации возможностей и противостоять угрозам и способность слабых сторон ослабить воздействие возможностей и усилить угрозы. Для упрощения процесса оценки рекомендуется использовать следующую шкалу:

Таблица 2.10 – Шкала оценки взаимосвязи сильных и слабых сторон с возможностями и угрозами

Балльная оценка	Интерпретация
5	фактор дает полную возможность использовать благоприятные события или предотвратить отрицательные последствия угроз;
4, 3	существенное содействие использованию благоприятных возможностей или защите от угроз
1, 2	незначительное влияние на использование благоприятных возможностей или защиту от угроз

Оценки в этих квадрантах должны выставляться без учета реальной интенсивности фактора для организации, т.к. это уже учтено в столбце интенсивность (A_j), то есть проводятся экспертные оценки влияния силы или слабости номинального выявленного фактора на отмеченные возможности или угрозы.

Этап 3 – Преобразование матрицы

Преобразование исходной матрицы осуществляется на основании следующей формулы:

$$A_{ij} = A_i * K_j * P_j * a_{ij}, \quad (2.11)$$

Затем производится суммирование полученных оценок по строкам и столбцам матрицы, а также разработка выводов и рекомендаций.

Рассмотрим методику проведения количественного SWOT-анализа на примере организации, предоставляющей услуги доступа в Интернет. Предположим, что экспертами сформулированы следующие сильные и слабые стороны, а также возможности и угрозы:

Сильные стороны:

- S1- квалифицированный персонал;
- S2 - высокое качество услуг;
- S3 - развитая инфраструктура сети.

Слабые стороны:

- W1 - недостаточная известность;
- W2 - дефицит финансовых ресурсов;
- W3 - низкая мотивация персонала.

Возможности:

- O1 - рост спроса на услуги вследствие внедрения инноваций во многих сферах бизнеса;
- O2 - реализация крупных проектов ("Электронная Россия", "Образование");
- O3 - выход на федеральный уровень.

Угрозы:

- T1 - отток пользователей к конкурентам;
- T2 - переманивание квалифицированного персонала конкурентами ;
- T3 - внедрение конкурентами новых технологий.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2				Возможности				Угрозы			
3			Ai	O1	O2	O3	Итого	T1	T2	T3	Итого
4			Вероятность появления (Pj)	0,5	0,45	0,35		0,5	0,5	0,25	
5			Коэффициент влияния (Kj)	0,7	0,9	0,75		0,9	0,6	0,75	
6			Сильные стороны (S)								
7			S1	3	5	3	3	3	3	0	
8			S2	3	5	5	5	5	0	0	
9			S3	3	5	3	5	3	0	0	
10			Итого								
11			Слабые стороны (W)								
12			W1	-4	5	5	5	5	2	0	
13			W2	-3	3	5	5	4	5	3	
14			W3	-3	2	3	3	0	5	0	
15			Итого								

Рисунок 2.30 – Матрица SWOT-анализа

Для получения результирующей матрицы необходимо выполнить преобразования, для этого в ячейку D22 необходимо ввести формулу: $=\$C7*\$D\$4*\$D\$5*\$D7$, а затем растянуть ее на диапазон ячеек D22:F24

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2			Ai	Возможности			Итого	Угрозы			Итого
3				O1	O2	O3		T1	T2	T3	
4			Вероятность появления (Pj)	0,5	0,45	0,35		0,5	0,5	0,25	
5			Кoeffициент влияния (Kj)	0,7	0,9	0,75		0,9	0,6	0,75	
6			Сильные стороны (S)								
7			S1	3	5	3	3	3	3	0	
8			S2	3	5	5	5	5	0	0	
9			S3	3	5	3	5	3	0	0	
10			Итого								
11			Слабые стороны (W)								
12			W1	-4	5	5	5	5	2	0	
13			W2	-3	3	5	5	4	5	3	
14			W3	-3	2	3	3	0	5	0	
15			Итого								
16											
17			Ai	Возможности			Итого	Угрозы			Итого
18				O1	O2	O3		T1	T2	T3	
19			Вероятность появления (Pj)	0,5	0,45	0,35		0,5	0,5	0,25	
20			Кoeffициент влияния (Kj)	0,7	0,9	0,75		0,9	0,6	0,75	
21			Сильные стороны (S)								
22			S1	3	$=\$C7*\$D\$4*\$D\$5*\$D7$						
23			S2	3							
24			S3	3							
25			Итого								
26			Слабые стороны (W)								
27			W1	-4							
28			W2	-3							
29			W3	-3							
30			Итого								

Рисунок 2.31 – Преобразование матрицы SWOT-анализа

Далее в ячейку G22 необходимо ввести функцию $=\text{СУММ}(D22:F22)$ и скопировать в итоговый столбец и итоговую строку. Аналогичные операции выполнить для оставшихся трех квадрантов матрицы. Результаты представлены на рис.2.32

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
16												
17				Возможности			Итого	Угрозы				
18			Ai	O1	O2	O3	о	T1	T2	T3	Итого	
19			Вероятность появления (Pj)	0,5	0,45	0,35		0,5	0,5	0,25		
20			Коэффициент влияния (Kj)	0,7	0,9	0,75		0,9	0,6	0,75		
21			Сильные стороны (S)									
22			S1	3	5,25	3,65	2,36	11,26	4,05	2,70	0,00	6,75
23			S2	3	5,25	6,08	3,94	15,26	6,75	0,00	0,00	6,75
24			S3	3	5,25	3,65	3,94	12,83	4,05	0,00	0,00	4,05
25			Итого		15,75	13,37	10,24		14,85	2,70	0,00	
26			Слабые стороны (W)									
27			W1	-4	-7,00	-8,10	-5,25	-20,35	-9,00	-2,40	0,00	-11,40
28			W2	-3	-3,15	-6,08	-3,94	-13,16	-5,40	-4,50	-1,69	-11,59
29			W3	-3	-2,10	-3,65	-2,36	-8,11	0,00	-4,50	0,00	-4,50
30			Итого		-12,25	-17,82	-11,55		-14,40	-11,40	-1,69	
31												

Рисунок 2.32 – Преобразованная матрица SWOT-анализа

На основании выполненных расчетов можно сделать следующие выводы:

1. Наиболее сильными сторонами компании, которые помогают ей воспользоваться имеющимися возможностями являются высокое качество услуг (15,26) и развитая инфраструктура сети (12,83).
2. Наиболее сильными сторонами компании, которые помогают защититься от угроз являются квалифицированный персонал (6,75) и высокое качество услуг (6,75).
3. Наиболее важными возможностями для интернет-провайдера, воспользоваться которыми можно при помощи сильных сторон являются:
 - рост спроса на услуги вследствие внедрения инноваций во многих сферах бизнеса (15,75);
 - участие в реализации крупных проектов («Электронная Россия», «Образование») (13,37).

Однако они являются наиболее уязвимыми из-за существующих слабых сторон (-17,82; -12,25)

4. Самой слабой стороной является недостаточный финансовый потенциал (наблюдается дефицит финансовых ресурсов – 20,35) недостаточная известность компании (-13,16). Более всего сильные стороны компании помогают защититься от угрозы оттока пользователей (14,85). Сильные стороны не защищают от угрозы внедрения конкурентами новых технологий (0).

5. Слабые стороны компании (дефицит финансовых ресурсов, низкая мотивация персонала) более всего усугубляют угрозу оттока пользователей к конкурентам (-14,40) и возможность переманивания квалифицированного персонала конкурентами (-11,40).

2.4 Разработка матрицы Boston Consulting Group (BCG)

Современная практика конкурентного анализа предусматривает проведение сегментации рыночной среды и выделение стратегических зон хозяйствования. Стратегическая зона хозяйствования представляет собой отдельный сегмент внешнего окружения, на который организация имеет выход или желает его получить. Для сопоставления различных стратегических зон хозяйствования используются портфельные модели анализа стратегий. Они определяют настоящее и будущее положение организации с точки зрения привлекательности рынка и её способности конкурировать. В мировой практике наибольшее распространение получила матрица Boston Consulting Group (BCG). Для определения позиции в матрице BCG используется 2 показателя:

- относительная доля рынка;
- темп роста рынка.

Относительная доля рынка, занимаемая предприятием по каждому виду продукции, определяется отношением рыночной доли товара данного предприятия (d_i) к доле рынка продукции ведущего конкурента (d_j).

$$k = \frac{d_i}{d_j} \quad (2.12)$$

Радиус окружности отражает долю доходов от данного продукта в общем портфеле компании.

Темпы роста рассчитываются как отношение объема реализованной продукции в текущем году (Q_1) к объему реализации в предыдущем году (Q_0).

$$i_p = \frac{Q_1}{Q_0} \quad (2.13)$$

Темп роста рынка обычно отмечается на вертикальной оси. Координату положения номинальной линии по оси абсцисс обычно принимают равной 1, что означает равные положения анализируемой компании по отношению к основному конкуренту. Координата положения номинальной линии на оси ординат может быть выбрана на любом уровне по усмотрению аналитика, однако наиболее часто ее также принимают равной 1. Это соответствует ситуации, когда роста на рынке не наблюдается, а объем продаж в

предшествующем году равен объему продаж текущего года. Для построения матрицы BCG необходимо в меню «Вставка» выбрать пункт «Другие диаграммы», а затем указать тип «Пузырьковая», щелкнув соответствующую

пиктограмму 

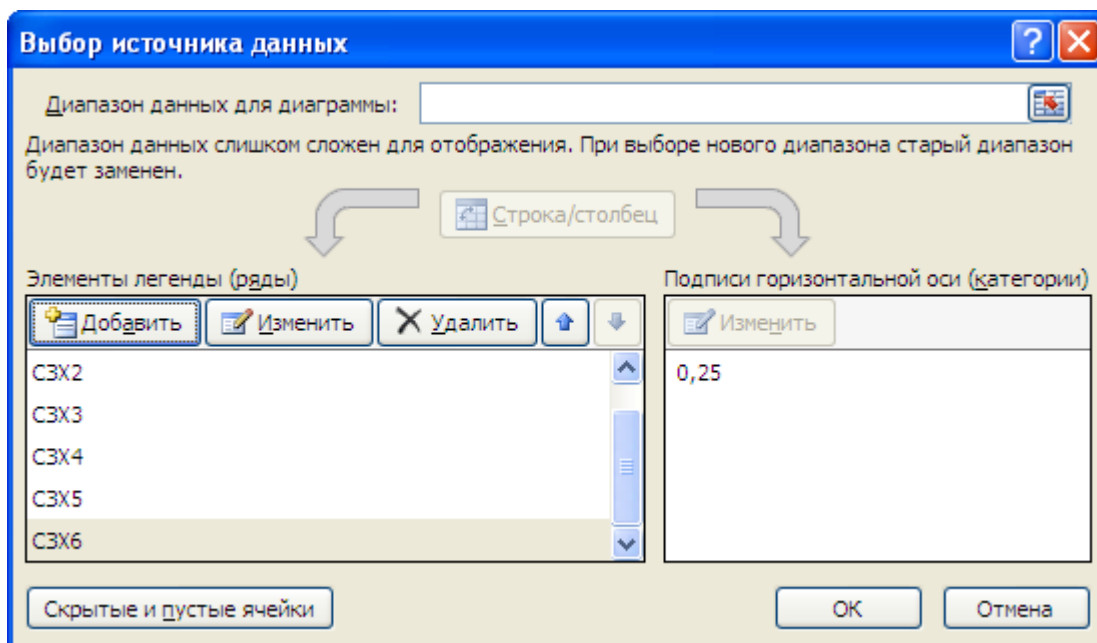


Рисунок 2.33 – Построение матрицы BCG

В диалоговом окне мастера диаграмм необходимо указать ссылки на ячейки таблицы, содержащие результаты расчетов входных параметров, предварительно щелкнув кнопку «Добавить».

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2	Наименование продукции	Объем реализации, тыс.руб.		Доля рынка в n году, тыс.руб.		Темпы роста	Отн. доля рынка (ОДР)	Доля продукции в общем объеме реализации предприятия
3		(n-1) год	n год	предприятия	конкурента			
4	Продукция А							
5	СЗХ1	3 500	3 500	25%	10%	1,000	2,50	38,42%
6	СЗХ2	300	950	35%	15%	3,167	2,33	10,43%
7	СЗХ3	400	160	3%	17%	0,400	0,18	1,76%
8	Продукция В							
9	СЗХ4	2800	3200	24%	15%	1,143	1,60	35,13%
10	СЗХ5	420	900	15%	11%	2,143	1,36	9,88%
11	Продукция С							
12	СЗХ6	170	400	2%	8%	2,353	0,25	4,39%
13	Итого		9 110					
14								

Рисунок 2.34 – Расчет входных параметров для построения матрицы BCG

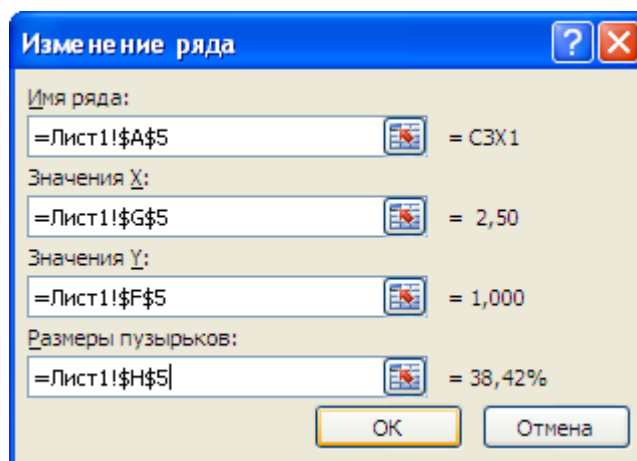


Рисунок 2.35– Ввод исходных данных

Область матрицы делится на 4 части, каждая из которых описывает принципиально различные ситуации, требующие особого подхода. В основе матрицы БКГ лежит модель жизненного цикла, в соответствии с которой каждый товар в своем развитии проходит четыре стадии: выход на рынок, рост, зрелость и спад. При этом денежные потоки и прибыль предприятия также меняются: отрицательная прибыль сменяется ее ростом и затем постепенным снижением.

В матрице ВСГ денежные потоки организации ассоциируются с различными стратегическими бизнес – единицами (СБЕ). В качестве СБЕ может выступать вид продукции, подразделения компании (филиал, отдел), одно из направлений деятельности компании, торговая марка и т.д. Основным отличительным признаком СБЕ – относительная рыночная независимость. Каждая стратегическая бизнес-единица позиционируется в виде круга, размер которого отражает долю дохода в общем портфеле компании.



Рисунок 2.36 – Матрица BCG

Стратегические бизнес-единицы, занимающие лидирующее положение на быстро растущем рынке называются «звездами». Они обеспечивают большую часть доходов компании, но и требуют больших финансовых вложений для поддержания своего положения. Когда темп роста замедляется, «звезды» становятся «дойными коровами».

Дойные коровы - это стратегические бизнес-единицы с высокой относительной долей рынка и низким темпом роста. Приносят высокий доход, который компания может использовать для финансирования других СБЕ. Стратегия должна быть направлена на поддержание существующего положения как можно дольше. Слабеющие дойные коровы перемещаются к нижнему левому углу. Они являются кандидатами на ликвидацию.

Стратегическая бизнес единица, имеющая небольшую относительную долю на быстрорастущем рынке условно называется «знаком вопроса». Менеджеры должны проанализировать, какие из трудных детей со временем могут стать звездами, а какие лучше ликвидировать. СБЕ, которые имеют низкую относительную долю рынка и низкий темп роста называются «собаками», оптимальным решением здесь является ликвидация.

Использование матрицы BCG позволяет сделать вывод о том, насколько бизнес-портфель компании сбалансирован и принять решения о вложении средств в развитие стратегических бизнес-единиц.

2.5 Сегментация рынка с помощью метода кластерного анализа

Сегментация рынка является одним из ключевых вопросов маркетинговой деятельности и предполагает разделение рынка на группы потребителей (рыночные сегменты), потребности которых существенно различаются. Необходимость сегментации обусловлена стремлением менеджмента к более полному удовлетворению запросов потенциальных потребителей и, в конечном итоге, увеличению объема продаж и прибыли.

Сегментации позволяет организации, учитывая свои сильные и слабые стороны выбрать методы и инструменты маркетинга, которые обеспечат концентрацию ресурсов именно в тех сферах деятельности, где имеются наибольшие конкурентные преимущества. При выделении сегментов аналитику приходится иметь дело с множеством факторов, потому наиболее уместными являются методы многомерного статистического анализа, в частности кластерный анализ.

Кластерный анализ представляет собой процедуру разбиения генеральной совокупности данных на подмножества, результатом которой является формирование относительно однородных групп объектов.

Кластер – это множество объектов близких между собой по некоторой мере сходства. В пространстве он представляет собой множество точек (объектов) различной формы. Пример совокупности данных до и после кластеризации представлен на рисунке 2.37

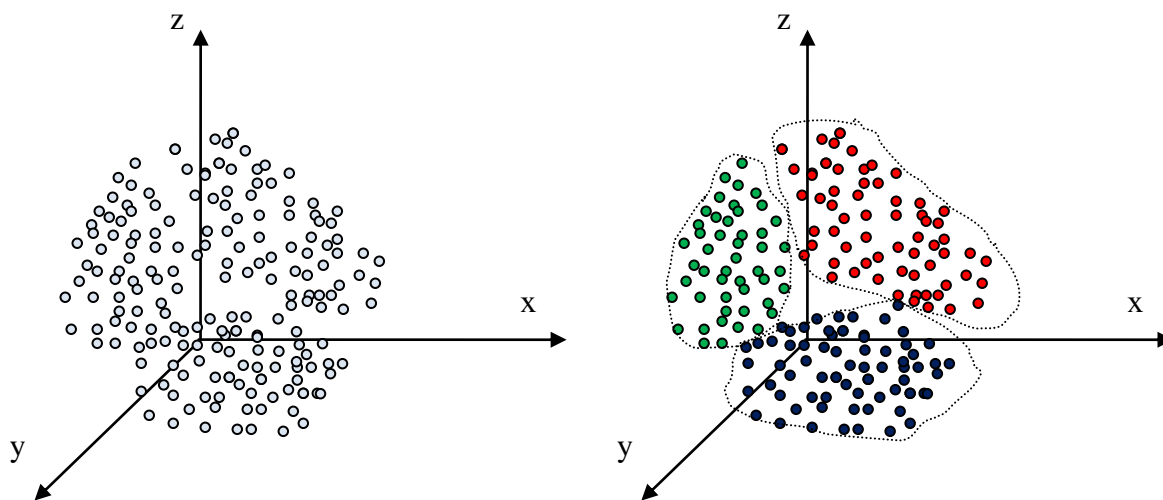


Рисунок 2.37 – Совокупность данных до и после кластеризации

Форма кластеров может быть различной, например, шарообразная, эллипсоидная, треугольная и т.п.

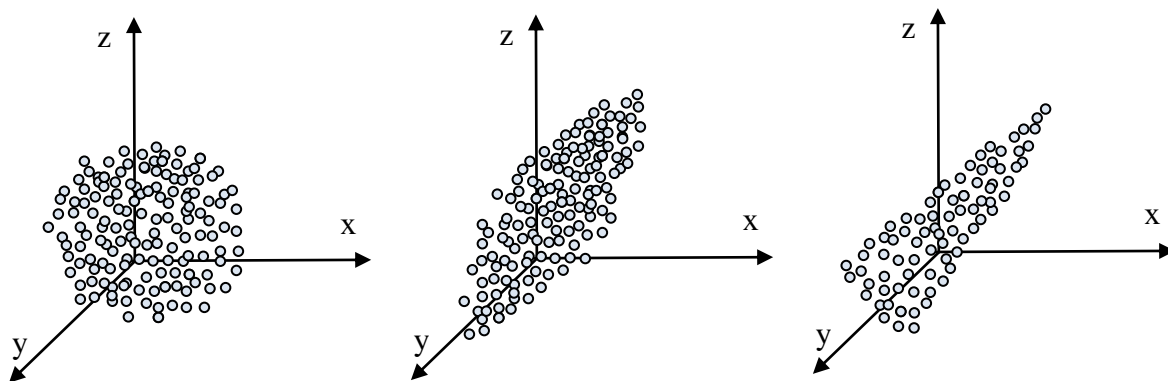


Рисунок 2.38 - Формы кластеров

Кластер имеет следующие математические характеристики: центр, радиус, среднеквадратическое отклонение, размер кластера.

Радиус кластера - максимальное расстояние точек от центра кластера.

Размер кластера может быть определен либо по радиусу кластера, либо по среднеквадратичному отклонению объектов для этого кластера.

Центр кластера - это среднее геометрическое место точек в пространстве переменных.

Объект относится к кластеру, если расстояние от объекта до центра кластера меньше радиуса кластера. Если это условие выполняется для двух и более кластеров, объект является спорным. Неоднозначность данной задачи может быть устранена экспертом или аналитиком.

В целом иерархические методы кластеризации делятся на две группы:

- агломеративные (от слова agglomerate - скопление);
- итеративные дивизивные (от слова division – деление).

Агломеративные методы кластеризации характеризуется последовательным объединением исходных элементов и соответствующим уменьшением числа кластеров. Т.е. в начале работы алгоритма все объекты выступают отдельными кластерами, далее на первом шаге наиболее схожие объекты объединяются в отдельный кластер. На последующих шагах объединение продолжается до тех пор, пока все объекты не будут составлять один кластер. Процесс такого последовательного объединения можно показать в виде дендрограммы или дерева объединения (см. рис.2.39)

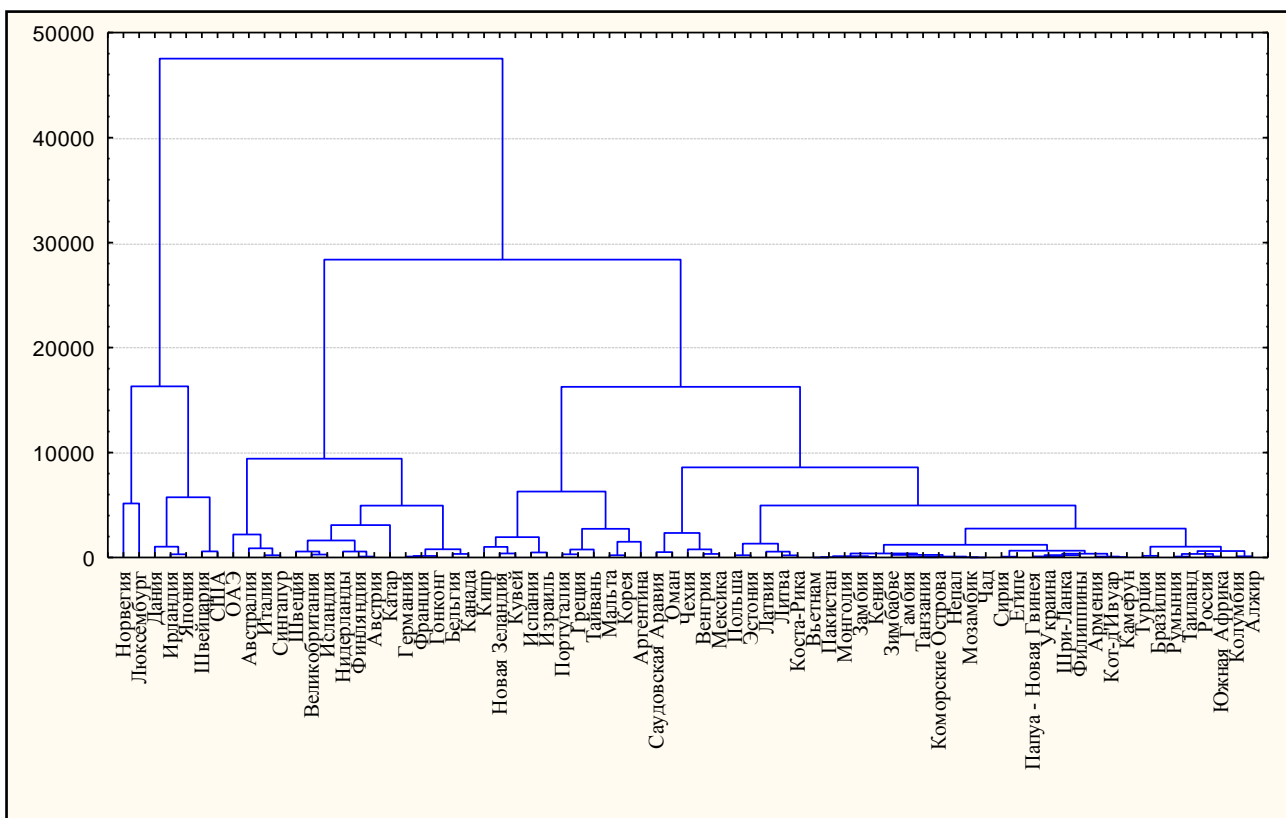
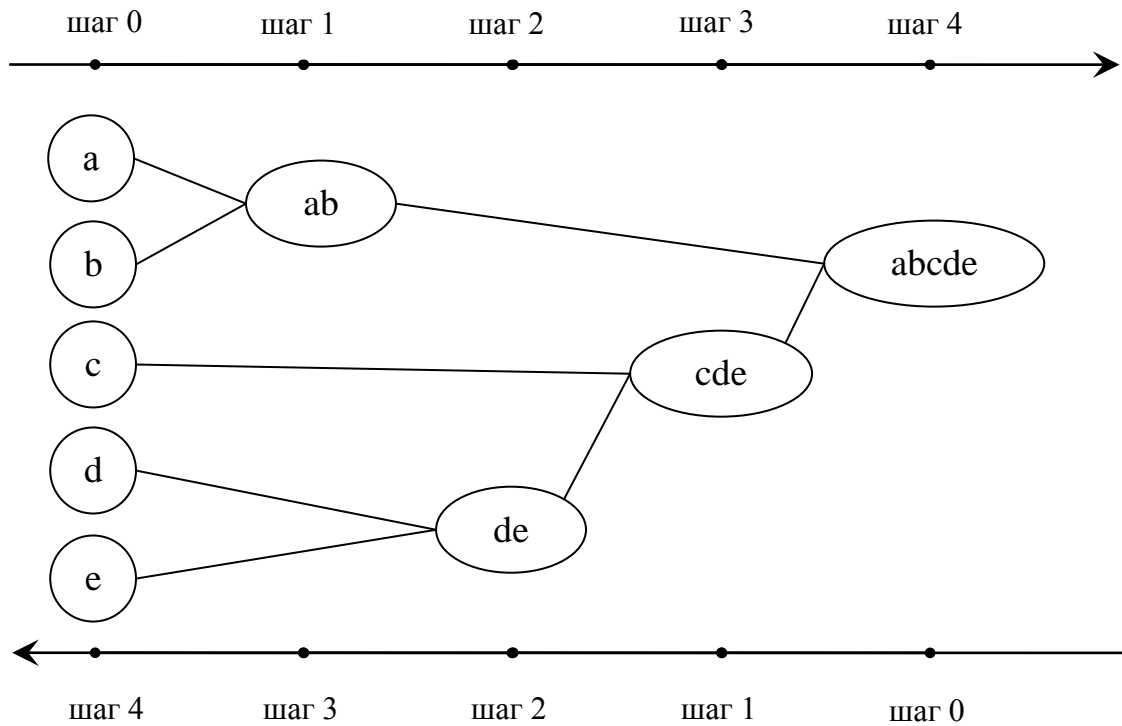


Рисунок 2.39 – Дерево объединения (дендрограмма) стран в кластеры по уровню развития инфокоммуникаций

Дивизивные методы являются логической противоположностью агломеративного подхода. В начале работы алгоритма все объекты принадлежат одному кластеру, который на последующих шагах делится на меньшие кластеры, в результате образуется последовательность расщепляющих групп. Принцип формирования кластеров на основе рассмотренных подходов представлен на рис.2.40

Агломеративные методы кластеризации



Дивизивные методы кластеризации

Рисунок 2.40 - Дендрограмма аггломеративных и дивизивных методов кластеризации

Дендрограмма - это древовидная диаграмма, содержащая n уровней, каждый из которых соответствует одному из шагов процесса последовательного укрупнения кластеров.

Ключевым моментом в кластерном анализе считается выбор метрики или меры сходства объектов. Наиболее часто в качестве меры сходства объектов используется **Евклидово расстояние**. Для двумерной диаграммы на плоскости эту меру можно выразить в виде:

$$\rho = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}, \quad (2.13)$$

где x_i, x_j, y_i, y_j - координаты точек.

Для многомерной ситуации количество пар координат увеличивается.

$$\rho = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2}. \quad (2.14)$$

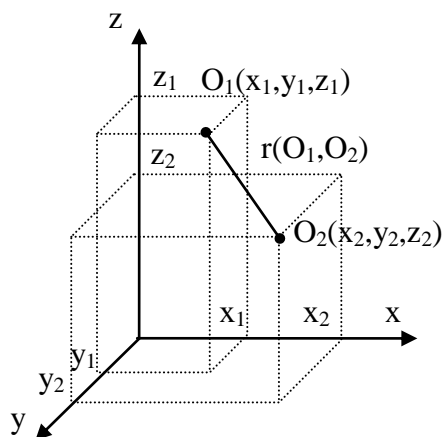


Рисунок 2.41 - Расстояние между двумя точками в трехмерном пространстве

Для придания больших весов более отдаленным друг от друга объектам в качестве меры сходства может быть использован квадрат евклидова расстояния.

В качестве меры сходства также может быть использовано **Манхэттенское расстояние** (расстояние городских кварталов). Это расстояние рассчитывается как среднее разностей по координатам. В большинстве случаев эта мера расстояния приводит к результатам, подобным расчетам Евклида расстояния. Однако, для этой меры влияние отдельных выбросов меньше, чем при использовании Евклидова расстояния, поскольку здесь координаты не возводятся в квадрат.

Расстояние Чебышева целесообразно использовать, когда необходимо определить два объекта как "различные", если они отличаются по какому-то одному измерению.

Наряду с выбором меры сходства необходимо определить правила объединения или связи для двух кластеров. Альтернативные варианты методов объединения представлены в таблице.

Таблица 2.11 – Методы объединения объектов в кластеры

Наименование метода объединения	Краткая характеристика
1	2
Метод ближнего соседа (одиночной связи)	Расстояние между двумя кластерами определяется расстоянием между двумя наиболее близкими объектами (ближайшими соседями) в различных кластерах.
Метод дальнего соседа (полной связи)	Расстояние между кластерами определяется наибольшим расстоянием между любыми двумя объектами в различных кластерах (т.е. "наиболее удаленными соседями").

Продолжение табл.2.1

1	2
Метод Варда (Ward's method)	В качестве расстояния между кластерами берется прирост суммы квадратов расстояний объектов до центров кластеров, получаемый в результате их объединения. В отличие от других методов кластерного анализа для оценки расстояний между кластерами, здесь используются методы дисперсионного анализа. На каждом шаге алгоритма объединяются такие два кластера, которые приводят к минимальному увеличению целевой функции, т.е. внутригрупповой суммы квадратов.
Метод невзвешенного попарного среднего	В качестве расстояния между двумя кластерами берется среднее расстояние между всеми парами объектов в них.
Метод взвешенного попарного среднего (unweighted pair-group method using arithmetic averages)	Этот метод похож на метод невзвешенного попарного среднего, разница состоит лишь в том, что здесь в качестве весового коэффициента используется размер кластера (число объектов, содержащихся в кластере).
Невзвешенный центроидный метод (unweighted pair-group method using the centroid average)	В качестве расстояния между двумя кластерами в этом методе берется расстояние между их центрами тяжести.
Взвешенный центроидный метод (weighted pair-group method using the centroid average)	Этот метод похож на предыдущий, разница состоит в том, что для учета разницы между размерами кластеров (числе объектов в них), используются веса.

Выбор масштаба в кластерном анализе имеет большое значение. Рассмотрим на примере. Представим себе, что данные признака X в наборе данных A на два порядка больше данных признака Y: значения переменной X находятся в диапазоне от 1000 до 5000, а значения переменной Y - в диапазоне от 0 до 1. Тогда, при определении расстояния между точками, отражающими положение объектов в пространстве, переменная, имеющая большие значения будет практически полностью доминировать над переменной с малыми значениями, т.е. переменной Y. Таким образом, из-за неоднородности единиц измерения признаков становится невозможно корректно рассчитать расстояния между точками. Эта проблема решается путем предварительной стандартизации или нормирования переменных.

Стандартизация обеспечивает приведение значений всех переменных к единому диапазону значений. Существуют различные способы стандартизации, наиболее распространенным являются:

$$z = \frac{x - \bar{x}}{\sigma}, \quad (2.15)$$

$$z = \frac{x}{x}, \quad (2.16)$$


$$z = \frac{x}{x_{\max}}, \quad (2.17)$$

$$z = \frac{x - \bar{x}}{x_{\max} - x_{\min}}. \quad (2.18)$$

Наряду со стандартизацией переменных, существует вариант придания каждой из них определенного коэффициента важности, или веса, который бы отражал ее значимость. В качестве весов могут выступать экспертные оценки. Программная реализация алгоритмов кластерного анализа представлена в таких пакетах статистического анализа данных как SPSS и STATISTICA. Рассмотрим последовательность действий по реализации процедуры кластерного анализа в программе STATISTICA.

1.5.1 Реализация процедуры кластерного анализа в StatSoft STATISTICA

Система StatSoft STATISTICA является одним из наиболее известных в мировой практике пакетов статистической обработки данных в среде Windows. Пакет STATISTICA отличается от большинства других программных продуктов для Windows тем, что состоит из отдельных программ-модулей, каждый из которых содержит конкретный метод обработки данных, например кластерный анализ, регрессионный анализ и т.д. Каждый такой модуль можно рассматривать как самостоятельную программу, независимую от остальных. Для запуска пакета требуется войти в среду Windows, нажать на кнопку Пуск, в строке Программы выбрать STATISTICA. Для запуска процедуры кластерного анализа необходимо выполнить следующую последовательность действий:

- из переключателя модулей STATISTICA откройте модуль Cluster Analysis (Кластерный Анализ). Выберите название модуля и далее нажмите кнопку Switch to (Переключиться в) либо просто дважды щелкните мышью по названию модуля Cluster Analysis  Cluster Analysis ;
- на экране появится стартовая панель модуля, в которой необходимо выбрать один из трех методов кластерного анализа:
 - Joining (tree clustering) (иерархические агломеративные методы или древовидная кластеризация),
 - K - means clustering (метод K-средних),
 - Two-way joining (двухходовое объединение).

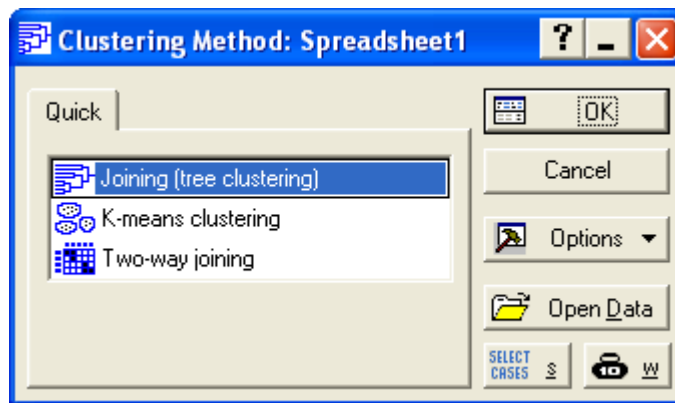


Рисунок 2.42 – Диалоговое окно инструмента проведения кластерного анализа в программе STATISTICA

Рассмотрим реализацию каждого из них.

Древовидная кластеризация Joining (tree clustering)

1. Откройте файл (Open Data) input.sta, содержащий исходные данные для проведения кластерного анализа объектов. Для примера воспользуемся данными об уровне развития стационарной и мобильной телефонной связи и Душевом валовом региональном продукте (ДВРП) по регионам РФ.
2. После выбора Joining (tree clustering) и нажатия кнопки ОК появляется окно ввода входных параметров Cluster Analysis: Joing (Tree Clustering)

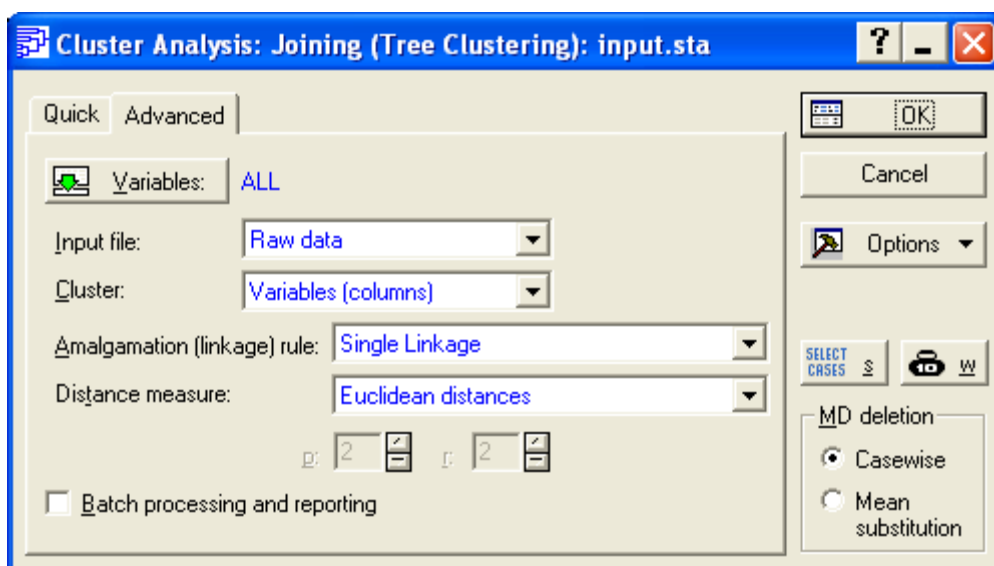


Рисунок 2.43 - Окно ввода входных параметров

Кнопка Variables позволяет выбрать переменные участвующие в кластеризации. Нажмите на кнопку Variables и выберите все переменные Select All, далее нажмите ОК

Нажав маркер рядом с полем Input необходимо задать тип входной информации. Маркер рядом с полем Cluster позволяет определить режим классификации (по строкам или по столбцам).

В последующих полях Amalgamation (linkage) rule и Distance measure определяются правило объединения и метрика расстояний.

Вид диалогового окна после заполнения входных параметров представлен на рис.2.44

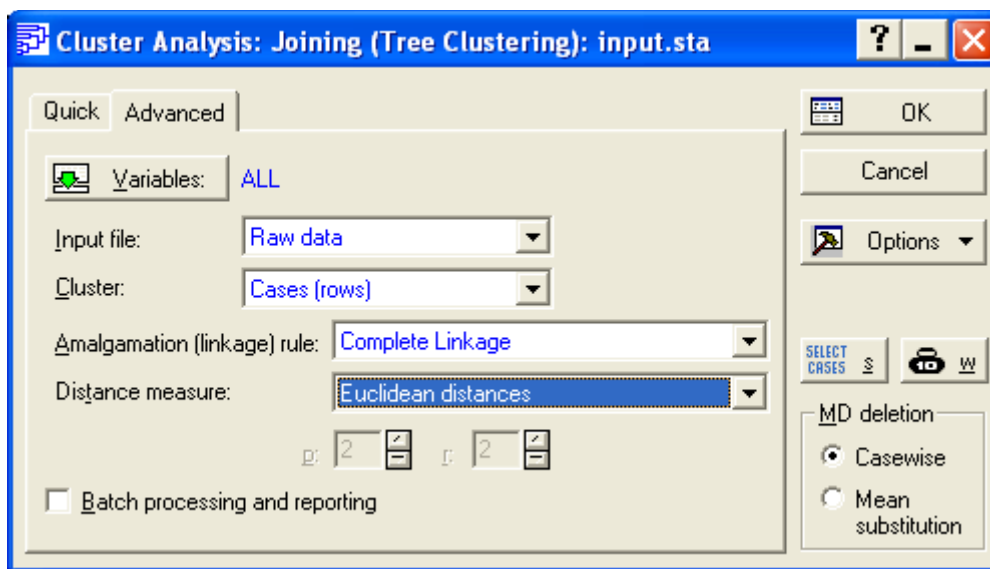


Рисунок 2.44 – Диалоговое окно инструмента проведения кластерного анализа в программе STATISTICA

3. После нажатия кнопки ОК будут произведены вычисления, а на экране появится окно, содержащее результаты кластерного анализа "Joining Results"

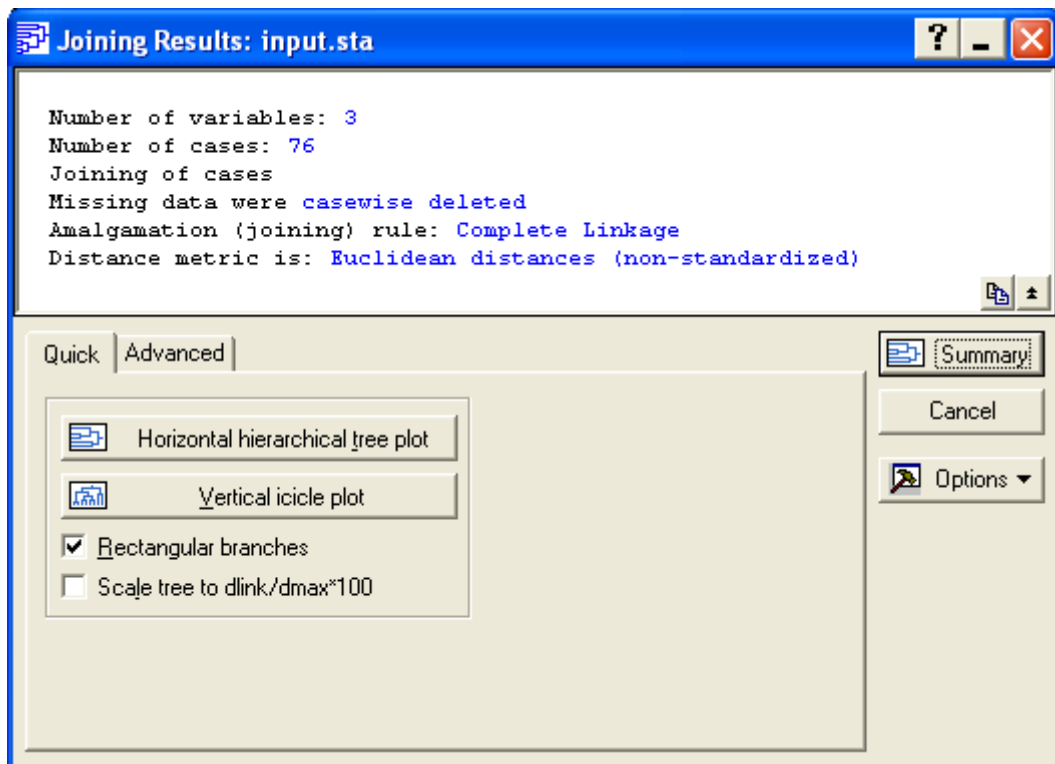



Рисунок 2.45 – Результаты кластеризации

Верхняя информационная часть диалогового окна **Joining Results** сообщает, что:

- Number of variables - число переменных ;
- Number of cases - число наблюдений;
- Missing data were casewise deleted - осуществлена классификация наблюдений или переменных (зависит от параметра в строке Cluster в предыдущем окне настройки);
- Amalgamation (joining) rule - правило объединения кластеров (название иерархического агломеративного метода, заданного в строке Amalgamation rules, а в предыдущем окне настройки);
- Distance metric is - Метрика расстояния (зависит от установки в предыдущем окне настройки).

Протокол объединения объектов в кластеры может быть вызван путем нажатия кнопки  **Amalgamation schedule**. Наглядное представление процесса кластеризации объектов обеспечивает дендрограмма. Пользователь может вызвать на экран горизонтальное и вертикальное ее расположение (Horizontal hierachical plot или Vertical icicle plot).

Tree Diagram for 76 Cases
Complete Linkage
Euclidean distances

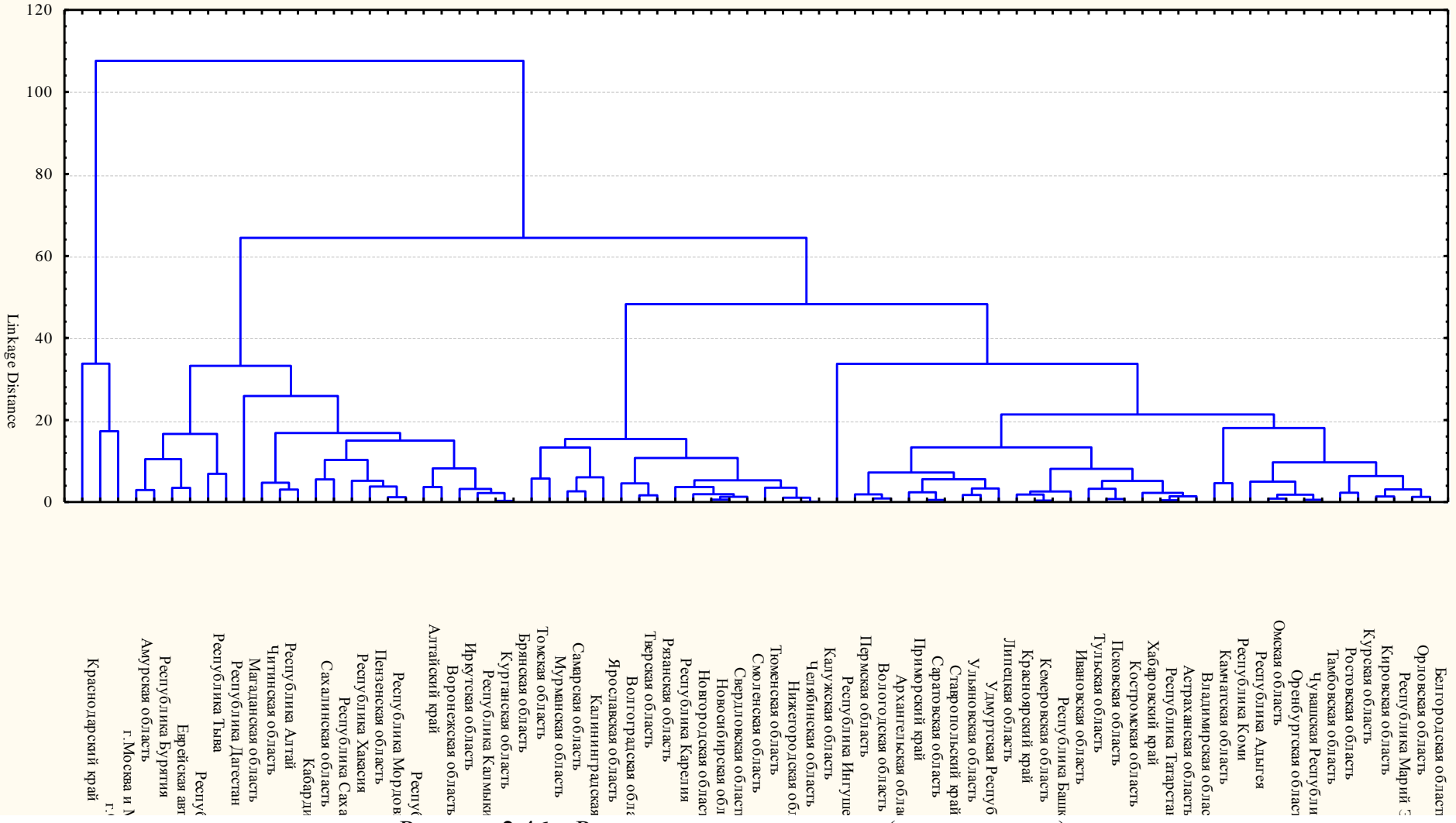


Рисунок 2.46 – Результаты кластеризации (дендрограмма)

Следующей в окне результатов идет кнопка Graph of amalgamation schedule. После щелчка, раскрывается окно, содержащее ступенчатое, графическое изображение изменений расстояний при объединении кластеров рис.2.47.

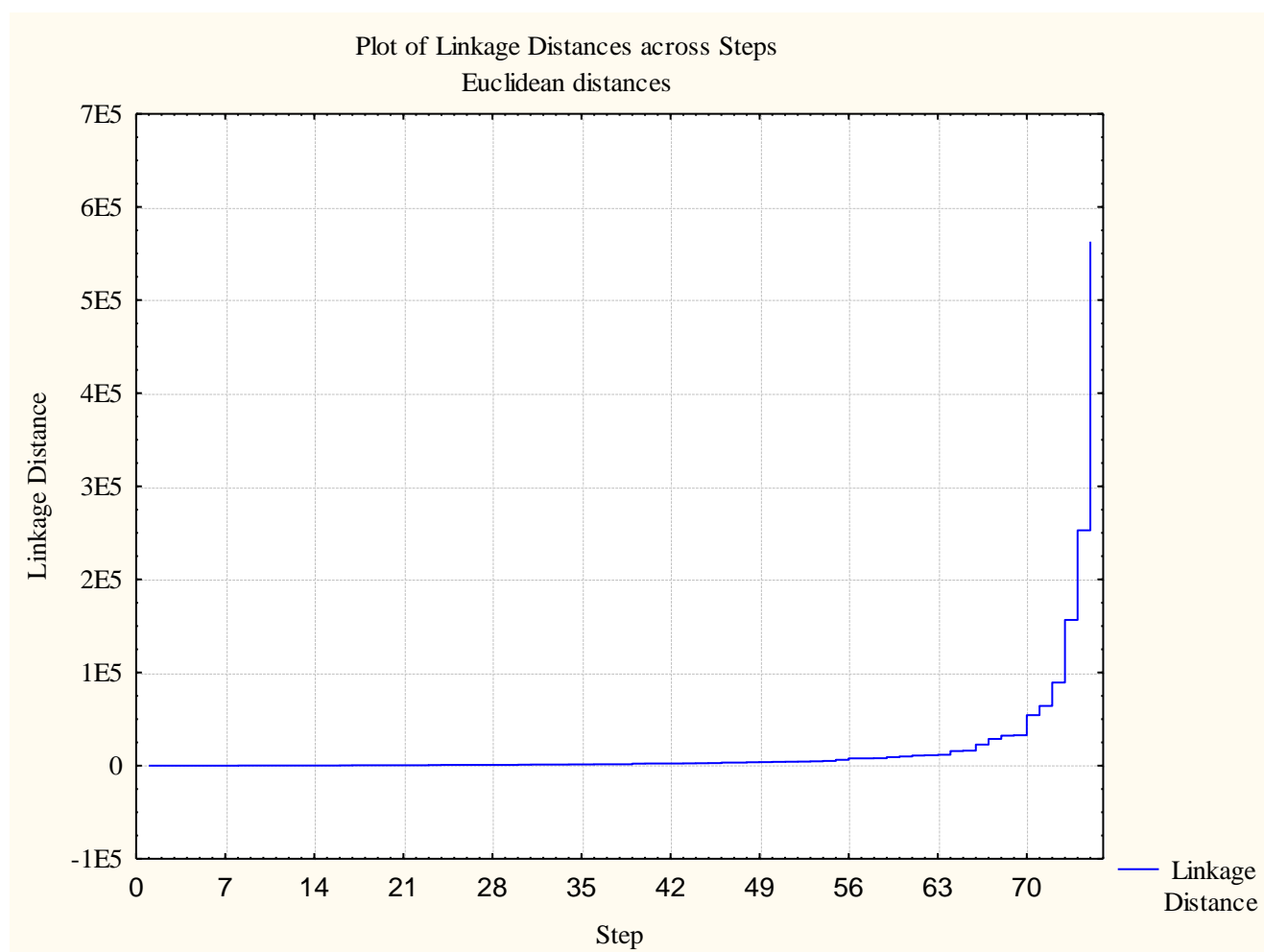


Рисунок 2.47 – График объединения

Метод K - средних (K - means clustering)

Данный метод кластеризации особенно полезен в ситуациях, когда исследователь заранее располагает гипотезой о количестве кластеров (k) на которые необходимо разбить имеющиеся наблюдения. Первые k - наблюдений становятся центрами этих классов. Для каждого следующего наблюдения рассчитываются расстояния до центров кластеров и данное наблюдение относится к тому кластеру, расстояние до которого было минимальным. После чего для этого кластера (в котором увеличилось количество наблюдений) рассчитывается новый центр тяжести (как среднее по каждому показателю) по всем включенным в кластер наблюдениям. В общем случае метод K -средних строит ровно K различных кластеров, расположенных на возможно больших расстояниях друг от друга. Для запуска данного алгоритма необходимо выполнить следующую последовательность действий:

1. Из стартовой панели модуля (рис.2.48) **Clustering Method** выберите **K - means clustering** (метод К средних).

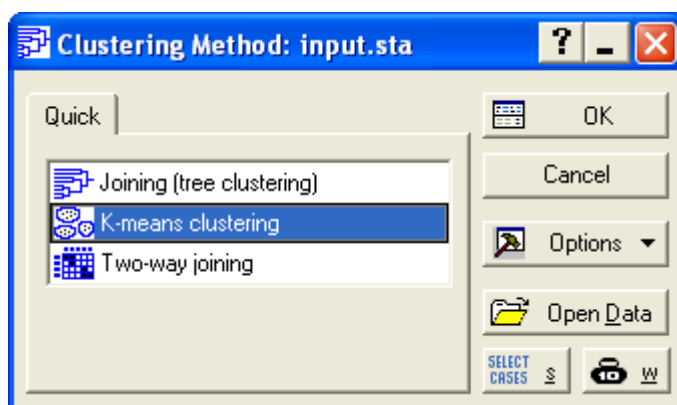


Рисунок 2.48 – Выбор метода кластеризации

2. После нажатия кнопки **OK** появится окно **Cluster Analysis: K - means clustering** (метод К-средних) (рис.2.49), в котором кнопка **Variables** позволяет выбрать переменные участвующие в кластеризации. Нажмите кнопку **Variables** и выберите переменные, по которым необходимо выполнить разбиение объектов на группы.

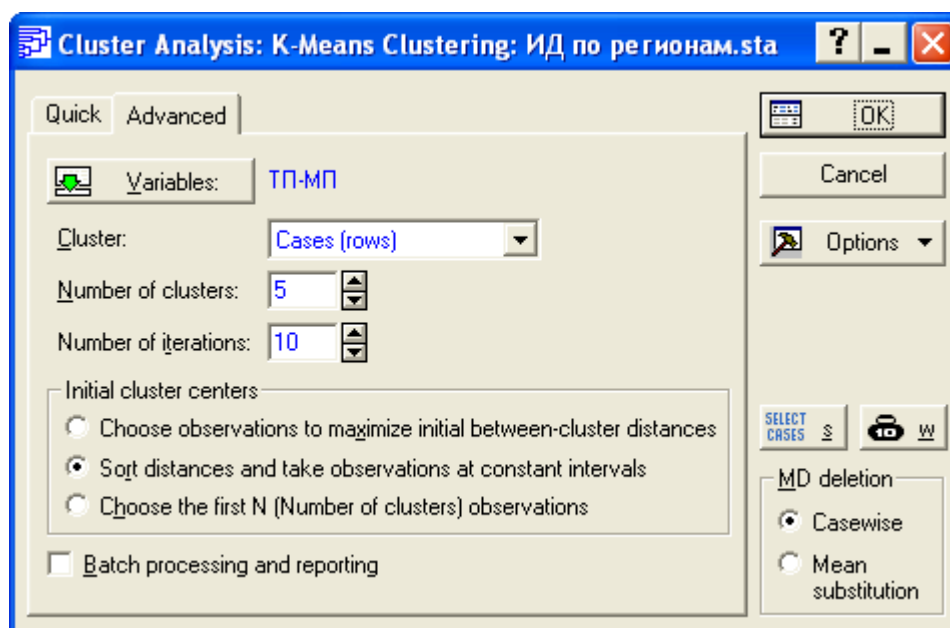


Рисунок 2.49 – Ввод входных параметров кластеризации методом К-средних

В строке **Cluster** укажите как необходимо осуществлять кластеризацию: при запуске установлен режим **Variables (columns)** - классифицируются переменные на основании их наблюдений, однако наиболее часто используется режим **Cases (rows)** - классифицируются наблюдения.

В поле **Number of iterations** укажите количество итераций в расчетах кластеров. По умолчанию установлено 10 итераций, что вполне достаточно.

После определения необходимых входных параметров нажмите кнопку ОК, после чего появится диалоговое окно с результатами.

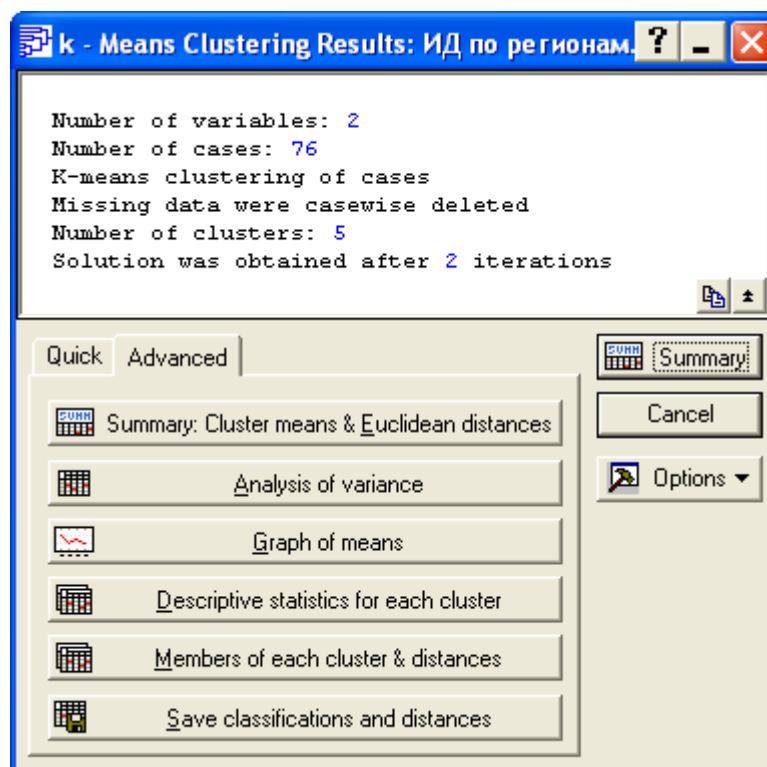


Рисунок 2.50 – Диалоговое окно инструментария кластерного анализа

В верхней информационной части окна будут указаны:

- количество переменных;
- количество наблюдений;
- классификация наблюдений (или переменных, зависит от установки в предыдущем окне в строке **Cluster**) методом К - средних;
- наблюдения с пропущенными данными удаляются (или: изменяются средними значениями. Зависит от установки в предыдущем окне в строке Missing data);
- количество кластеров;
- решение достигнуто после [...] итераций.

В нижней части окна будут расположены кнопки для вывода дополнительной информации по кластерам.

Analysis of Variance (анализ дисперсии). После нажатия появляется таблица, в которой приведена межгрупповая и внутригрупповая дисперсии, где строки - переменные, столбцы - показатели для каждой переменной:

- дисперсия между кластерами;

- число степеней свободы для межгрупповой дисперсии;
- дисперсия внутри кластеров;
- число степеней свободы для внутригрупповой дисперсии;
- F - критерий, для проверки гипотезы о неравенстве дисперсий.

Variable	Analysis of Variance (ИД по регионам.sta)					
	Between SS	df	Within SS	df	F	signif. p
тп	1635,44	4	2679,905	71	10,8322	0,000001
мп	28262,94	4	1631,637	71	307,4624	0,000000

Cluster Means & Euclidean Distances (средние значения в кластерах и евклидово расстояние). Выводятся две таблицы. В первой указаны средние величины кластера по всем переменным (наблюдениям). По вертикали указаны номера кластеров, а по горизонтали переменные (наблюдения).

Graph of means представляет собой графическое изображение, показывающее средние значения переменных для каждого кластера.

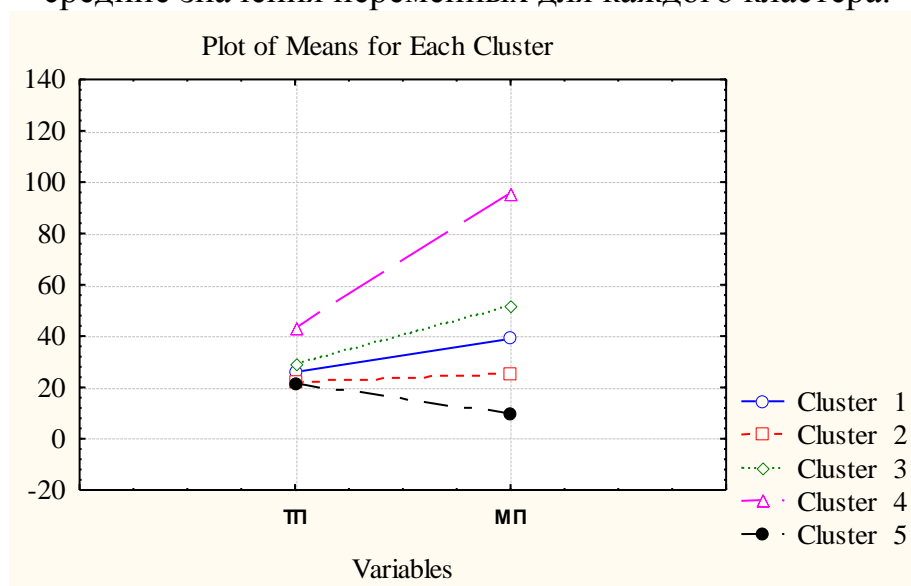


Рисунок 2.51 – Графики средних значений показателей кластеризации

Descriptive Statistics for each cluster (описательная статистика для каждого кластера). После нажатия этой кнопки выводятся окна, количество которых равно количеству кластеров. В каждом таком окне в строках указаны переменные, а по горизонтали их характеристики, рассчитанные для данного кластера: среднее, среднеквадратическое отклонение, дисперсия.

Members for each cluster & distances. Выводится количество окон равное заданному числу кластеров. В каждом окне указывается общее число элементов, отнесенных к этому кластеру, в верхней строке указывается номер

переменной, отнесенной к данному кластеру и евклидово расстояние от центра кластера до этого наблюдения (переменной).

Save classifications and distances. Позволяет сохранить в формате программы статистика таблицу, в которой содержатся значения всех переменных, их порядковые номера, номера кластеров к которым они отнесены, и евклидовы расстояния от центра кластера до наблюдения. В системе STATISTICA реализованы также и другие методы кластеризации, например метод двухвходового объединения (Two-way joining), в котором кластеризуются объекты и переменные одновременно. Трудность с интерпретацией полученных результатов этим методом возникает вследствие того, что сходства между различными кластерами могут возникать из-за некоторого различия подмножеств переменных. Поэтому получающиеся кластеры могут по своей природе быть неоднородными.

Метод двухвходового объединения (Two-way joining)

Метод двухвходового объединения реализуется путем выбора соответствующего инструмента в окне **Clustering method**.

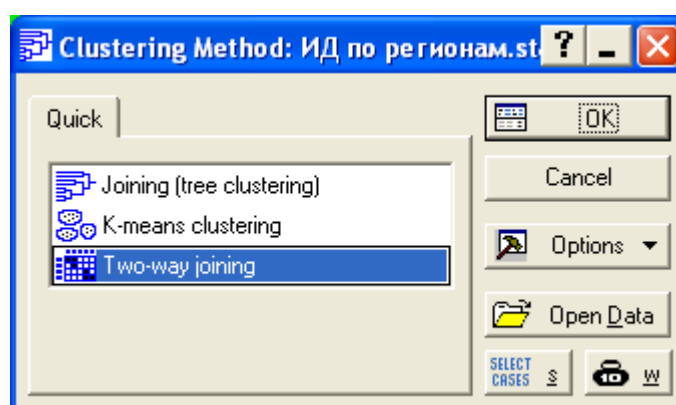


Рисунок 2.52 – Выбор метода кластеризации

После нажатия кнопки **OK** появится окно **Cluster Analysis: Two-Way Joining** (рис.2.53). Нажмите кнопку **Variables** и выберите переменные, по которым необходимо выполнить разбиение объектов на группы.

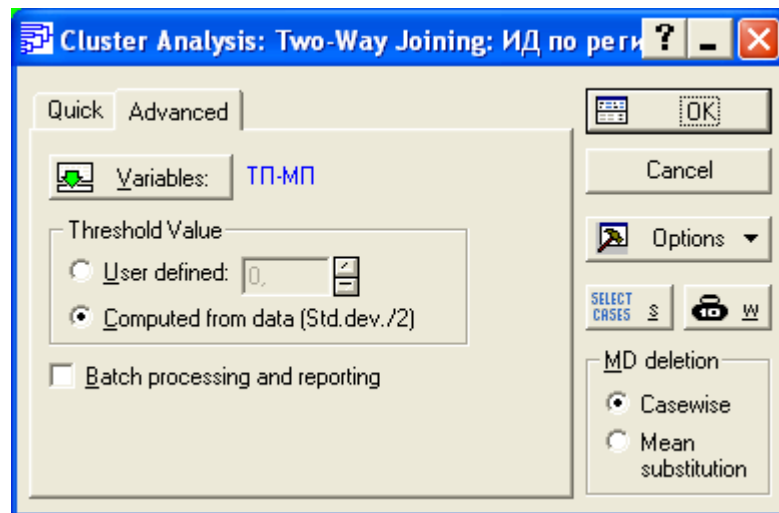


Рисунок 2.53 – Ввод исходных данных для кластеризации методом двуходового объединения

Область диалогового окна Threshold Value (Значение порога) содержит два варианта:

- Userdefined (Заданное пользователем),
- Computed from data (Std.Dev./2) (Вычисленное по данным).

Пороговый параметр определяет принадлежность элементов матрицы данных к формируемым кластерам. Если эта величина слишком велика по сравнению со значениями элементов в матрице, то будет сформирован только один кластер; если очень мала, то кластером будет являться каждая точка данных. Как правило, пороговое значение определяется равным половине величины общего стандартного отклонения (режим Computed from data (Std.Dev./2) (Вычисленное по данным)).

После определения необходимых входных параметров и нажатия кнопки ОК появится диалоговое окно с результатами

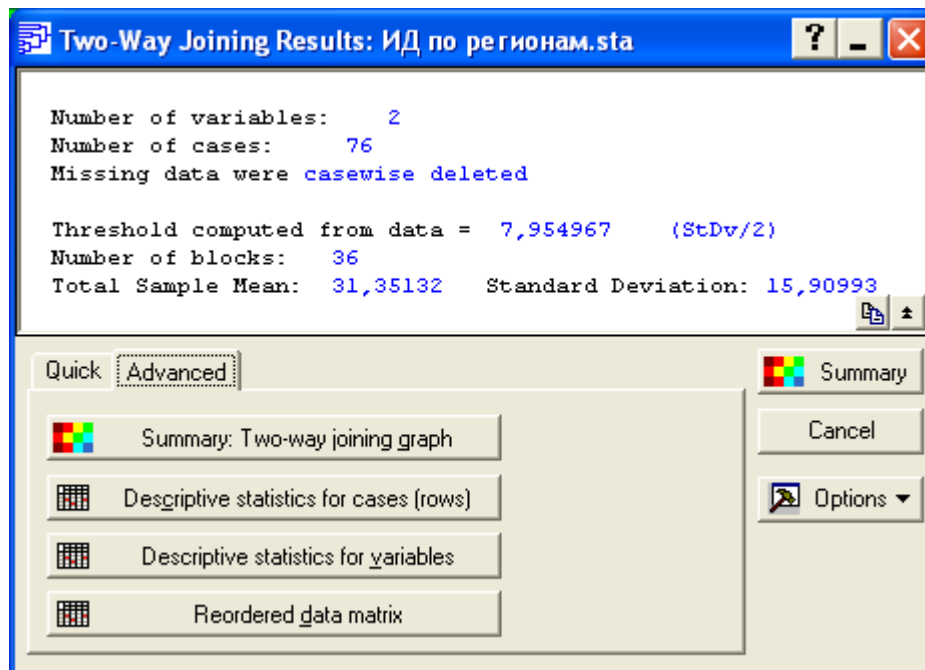


Рисунок 2.54 – Результаты кластеризации

В верхней информационной части окна будут указаны:

- количество переменных;
- количество наблюдений;
- наблюдения с пропущенными данными удаляются (или изменяются средними значениями. Зависит от установки в предыдущем окне в строке Missing data);
- пороговое значение (режим «вычисленное по данным» Computed from data (Std.Dev./2)),
- количество блоков;
- стандартное отклонение.

В нижней части окна будут расположены кнопки для вывода дополнительной информации по кластерам. Кнопка Summary: Two-way joining graph выводит графическое изображение результатов двухвходового объединения, представленных в виде карты линий уровня (рис. 2.55)



Рисунок 2.55 – Визуальное представление результатов кластеризации

На графике по вертикали расположены объекты, участвующие в кластеризации, а по горизонтали – переменные. Цвета ячеек, находящихся на пересечении, указывают на принадлежность элементов матрицы к определенному кластеру. Двухходовое объединение является, наименее используемым методом в силу сложности практической реализации и интерпретации результатов.

1.5.2 Реализация процедуры кластерного анализа в SPSS

SPSS – компьютерная программа для статистической обработки данных, один из лидеров рынка в области коммерческих статистических продуктов, предназначенных для проведения прикладных исследований. Разработка программы была начата в 1965 году. Два студента Норман Най (Norman Nie) и Дейл Бент (Dale Bent) пытались отыскать в Стенфордском университете Сан-Франциско компьютерную программу, подходящую для анализа статистической информации. Вскоре они разочаровались в своих попытках и решили разработать собственную программу. Уже через год была разработана первая версия. Как известно из истории развития информатики, программы тогда представляли собой пакеты перфокарт. Как раз на это указывает и исходное название программы, которое авторы дали своему продукту: SPSS — это аббревиатура от Statistical Package for the Social Science. В 1970 году работа над программой была продолжена в Чикагском университете, а Норман Най основал соответствующую фирму. С самого начала версиям программы присваивали соответствующие порядковые номера. В 1975 была разработана уже шестая версия (SPSS6). В 1983 году командный язык SPSS был полностью переработан, синтаксис стал значительно удобней. Что бы отметить этот факт, программа была переименована в SPSSX, где буква X должна была служить

как номером версии в римскими числами, так и сокращением для extended (расширенный). Так как применение перфокарт к этому моменту уже стало историей, то программа SPSS и информация, подлежащая обработке, сохранялись в отдельных файлах на винчестерах больших ЭВМ, которые тогда использовались повсеместно. Год от года постоянно увеличивалось и количество процедур.

С 2005 года распространяется 13 версия пакета SPSS. Основу программы SPSS составляет базовый модуль **SPSS Base**, предоставляющий разнообразные возможности доступа к данным и управления данными. Он включает все процедуры ввода, отбора и корректировки данных, а также большинство предлагаемых в SPSS статистических методов. Наряду с простыми методиками статистического анализа, такими как частотный анализ, расчет статистических характеристик, таблиц сопряженности, корреляций, построения графиков, этот модуль включает t-тесты и большое количество других непараметрических тестов, а также усложненные методы, такие как многомерный линейный регрессионный анализ, дискриминантный анализ, факторный анализ, кластерный анализ, дисперсионный анализ, анализ пригодности (анализ надежности) и многомерное шкалирование. Традиционно вместе с базовым модулем поставляются ещё два модуля: **Advanced Models** (продвинутые модели) и **Regression Models** (регрессионные модели). Наряду с упомянутыми, существует еще ряд специальных дополнительных модулей и самостоятельных программ, число которых постоянно растёт, так что пользователям следует постоянно знакомиться с информацией о нововведениях в SPSS.

Для запуска пакета требуется войти в среду Windows, нажать на кнопку Пуск, в строке Программы выбрать SPSS for Windows. Для выполнения процедуры иерархического кластерного анализа необходимо в меню **Analyze** (Анализ) выбрать пункт **Classify** (Классифицировать) **Hierarchical Cluster** (Иерархический кластерный анализ)

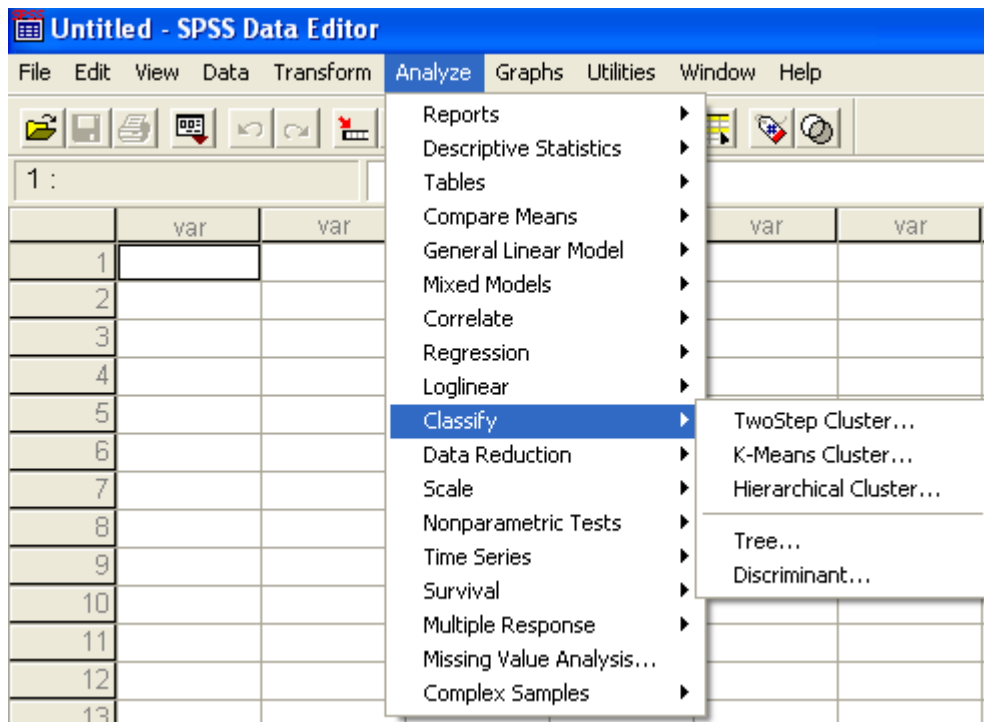


Рисунок 2.56 – Выбор метода кластеризации в MS Excel

В появившемся диалоговом окне необходимо выбрать переменные, которые необходимо учитывать в процессе кластеризации данных, а также указать наименование поле с объектами, которые необходимо сгруппировать. Рассмотрим процесс использования программы SPSS для выполнения мирового инфокоммуникационного пространства по уровню развития инфраструктуры. Объектами кластеризации в данном примере будут выступать страны мира, критериями кластеризации будут выступать:

- СП – стационарная телефонная плотность, ТА/100 чел.;
- МП – мобильная плотность, ТА/100 чел.;
- ПК – плотность персональных компьютеров, ед./100чел.;
- ИХ – интернет-хосты.

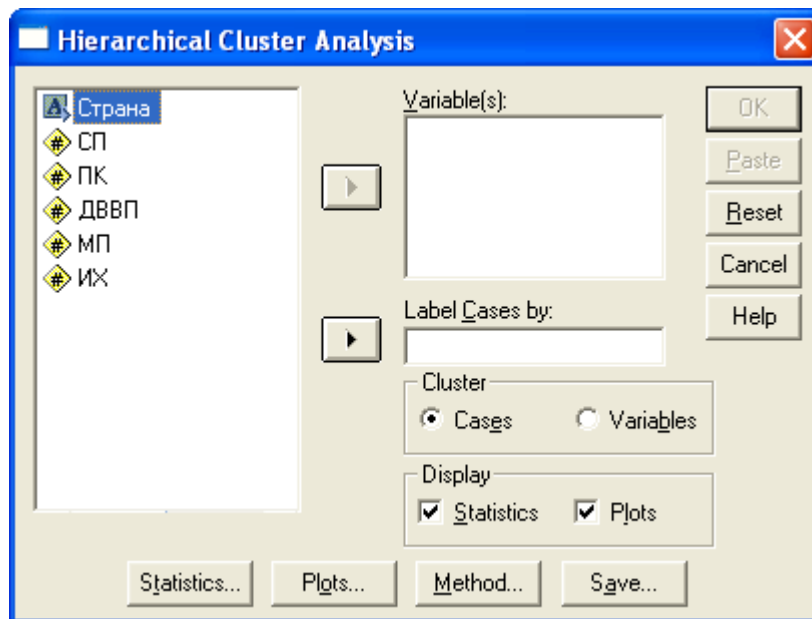



Рисунок 2.57 - Диалоговое окно иерархического кластерного анализа

Для выбора указанных показателей в качестве переменных кластеризации необходимо их выделить указателем мыши и затем воспользоваться инструментом .

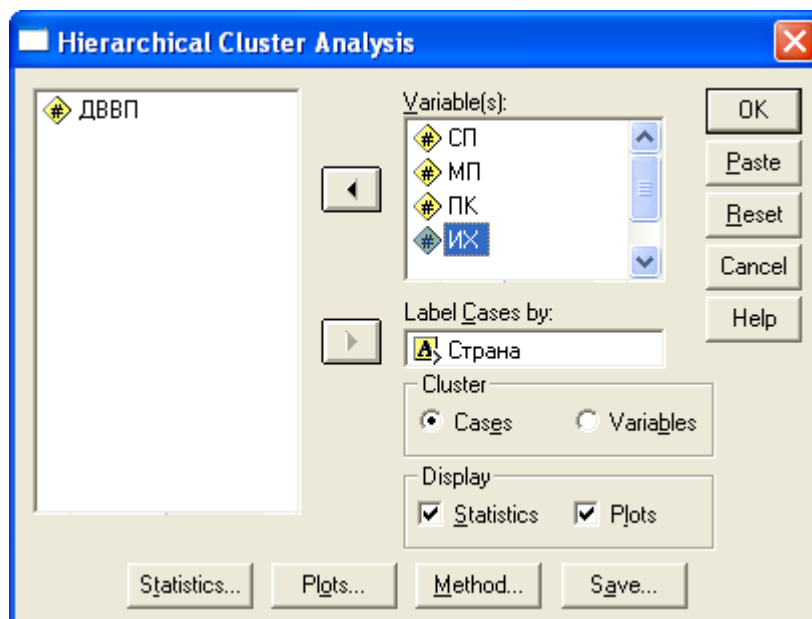


Рисунок 2.58 – Определение входных параметров для иерархического кластерного анализа (шаг 1)

Для перехода к выполнению иерархического кластерного анализа необходимо нажать на кнопку **Statistics**. В результате откроется диалоговое окно, в котором необходимо указать входные параметры:

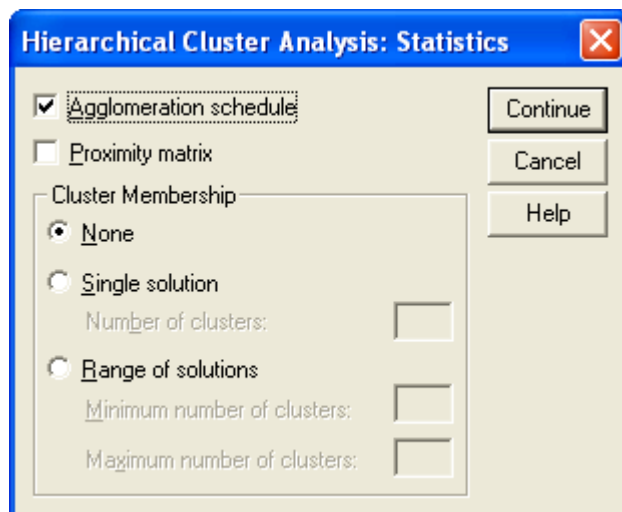


Рисунок 2.59 - Определение входных параметров для иерархического кластерного анализа (шаг 2)

Отметка рядом с полем **Agglomeration schedule** означает необходимость вывода графика объединения. Область **Cluster Membership** позволяет установить необходимое количество кластеров или диапазон.

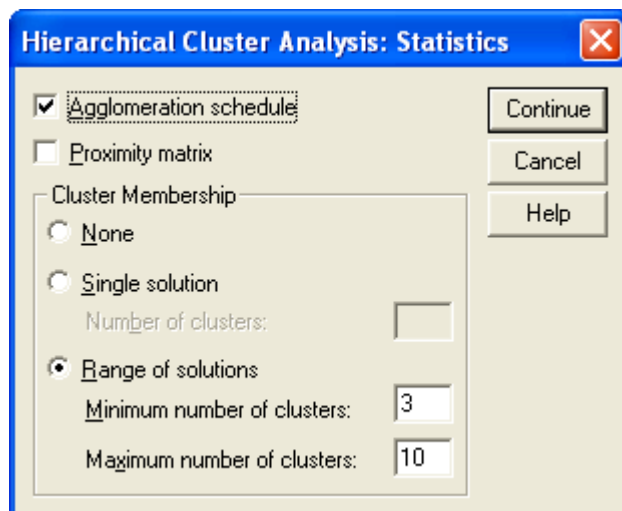


Рисунок 2.60 - Определение входных параметров для иерархического кластерного анализа (шаг 3)

Нажатие кнопки **Continue** обеспечит возврат в главное диалоговое окно.

Далее нажав кнопку **Plots** активируйте опцию вызова **дендрограммы** и укажите ее желаемое расположение (вертикальное или горизонтальное).

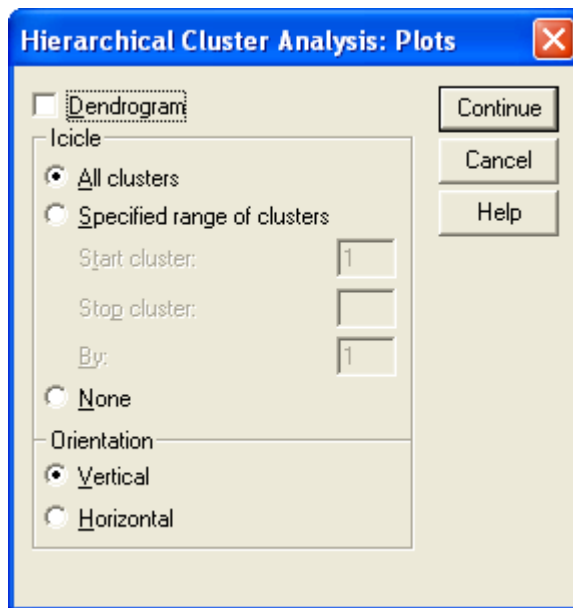


Рисунок 2.61 - Определение входных параметров для иерархического кластерного анализа (шаг 4)

Кнопка **Method** позволяет пользователю указать метод кластеризации, меру сходства и необходимость стандартизации данных.

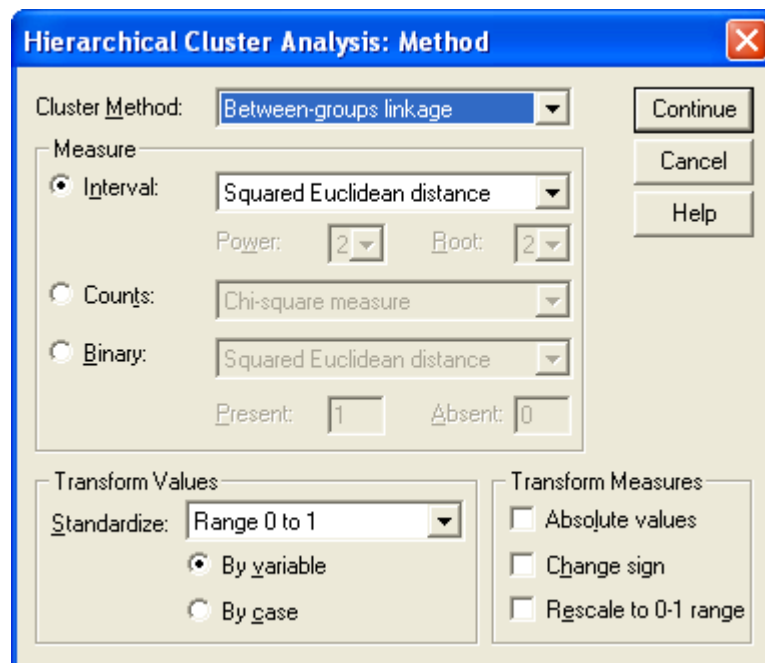


Рисунок 2.62 - Определение входных параметров для иерархического кластерного анализа (шаг 5)

Вернувшись в главное диалоговое окно, нажмите ОК.

В окне просмотра результатов появится алгоритм построения кластеров. По двум колонкам, расположенным под общей шапкой Cluster Combined можно

увидеть, что на первом шаге были объединены наблюдения 16 и 25, на следующем шаге произошло объединение наблюдений 30 и 33 и т.д.

Agglomeration Schedule

Stage	Cluster Combined		Coefficients	Stage Cluster First Appears		Next Stage
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	16	25	,000	0	0	24
2	30	33	,000	0	0	7
3	15	24	,000	0	0	8
4	5	7	,000	0	0	16
5	4	22	,000	0	0	7
6	18	61	,000	0	0	13
7	4	30	,000	5	2	18
8	15	17	,000	3	0	10
9	8	14	,000	0	0	13
10	2	15	,000	0	8	18
11	9	31	,000	0	0	26

Рисунок 2.63 – График объединения

Для определения оптимального количества необходимо обратить внимание на показатель, выводимый под заголовком «коэффициент». По этим коэффициентом подразумевается расстояние между двумя кластерами, определенное на основании выбранной меры с учётом предусмотренного преобразования значений. В нашем случае это квадрат евклидова расстояния, определенный с использованием стандартизованных значений. На этом этапе, где эта мера расстояния между двумя кластерами увеличивается скачкообразно, процесс объединения в новые кластеры необходимо остановить, так как в противном случае были бы объединены уже кластеры, находящиеся на относительно большом расстоянии друг от друга. Оптимальным считается число кластеров равное разности количества наблюдений и количества шагов, после которого коэффициент увеличивается скачкообразно.

Кроме того, в окне вывода результатов отражается информацию о принадлежности объектов к кластерам. Фрагмент такой таблицы, представленный на рис.2.64 показывает, что ряд стран (Бенин, Буркина-Фасо, Камерун, Кабо-Верде и т.д.) при переходе к восьми кластерному делению перешли из первого кластера во второй.

Case	10 Clusters	9 Clusters	8 Clusters	7 Clusters	6 Clusters
1:Алжир	1	1	1	1	1
2:Бенин	2	2	1	1	1
3:Ботсвана	1	1	1	1	1
4:Буркина-Фасо	2	2	1	1	1
5:Камерун	2	2	1	1	1
6:Кабо-Верде	2	2	1	1	1
7:Конго	2	2	1	1	1
8:Кот-д'Ивуар	2	2	1	1	1
9:Джибути	2	2	1	1	1
10:Египет	2	2	1	1	1

Рисунок 2.64 – Разбиение объектов по кластерам

В заключение приводится запрошенная нами дендрограмма, которая визуализирует процесс слияния объектов. Программа SPSS позволяет реализовать и другие методы кластеризации, в том числе метод **К-средних (K-means cluster)** и двухшаговый метод (**TwoStep Cluster**). Для этого необходимо в меню **Analyze** (Анализ) выбрать пункт **Classify** (Классифицировать), а затем соответствующий метод. Заполнение диалоговых окон осуществляется аналогичным образом.

2.6 Задания для самостоятельного выполнения

Задача 1

С помощью метода анализа иерархии оцените конкурентоспособность интернет-провайдера, услугами которого вы пользуетесь. Разработайте систему критериев, характеризующих конкурентоспособность организации данной сферы деятельности, оцените степень значимости каждого из критериев путем опроса не менее 5 экспертов. Постройте диаграммы, визуализирующие результаты Вашего исследования. Разработайте рекомендации по усилению конкурентной позиции.

Задача 2

Проведите SWOT-анализ для себя как потенциального участника рынка труда, проанализируйте требования работодателей и соответствие своих компетенций их запросам. Разработайте рекомендации по усилению своей конкурентной позиции.

Задача 3

На основании данных таблицы 2.12 построите матрицу Boston Consulting Group, разработайте рекомендации по совершенствованию продуктового портфеля компании.

Таблица 2.12 - Исходные данные для построения матрицы BCG

Наименование продукции	Объем реализации, ден. ед.		Доля рынка в n году, ден. ед.	
	(n-1) год	n год	предприятия	конкурента
ноутбуки	860 900	650 000	15%	10%
телевизоры	54 300	73 900	3%	5%
принтеры	180 000	190 600	8%	7%
МФУ	190 000	397 500	10%	9%
фотоаппараты	54 800	18 600	2%	15%
мобильные телефоны	98 400	135 400	4%	25%
сканеры	190 000	65 000	2%	8%

Задача 4

На основании баз данных Федеральной службы государственной статистики РФ (www.gks.ru) сформируйте таблицу с исходными данными и

выполните иерархический кластерный анализ региональных рынков методом Уорда по следующим критериям:

- наименование региона;
- валовой региональный продукт на душу населения (ДВРП), руб.;
- уровень безработицы, %;
- среднедушевые денежные доходы населения, руб.;
- число квартирных телефонных аппаратов сети общего пользования на 1000 чел.;
- число мобильных телефонных аппаратов на 1000 человек;
- стационарной и мобильной телефонной связи на 1000 человек.

В качестве меры сходства принять Евклидово расстояния. Построить дендрограмму и график объединения.

Задача 5

На основании данных задачи 4 выполните кластерный анализ с помощью программы StatSoft STATISTICA методом K-средних, предусмотрев разбиение генеральной совокупности на 5 кластеров. Постройте график средних (Graph of means) и проанализируйте описательную статистику (Descriptive Statistics for each cluster) для каждого кластера.

2.7 Контрольные вопросы

1. Что такое конкурентоспособность организации?
2. Назовите основные факторы, определяющие уровень конкурентоспособности организации.
3. Поясните цель проведения конкурентного анализа.
4. Поясните назначение инструмента «Сводная таблица»
5. Каким образом может быть построена сводная таблица в MS Excel?
6. Какие принципы лежат в основе метода анализа иерархии?
7. Что характеризует локальный приоритет?
8. Каким образом определяется глобальный приоритет?
9. Каким образом оценивается согласованность мнений экспертов в случае выполнения расчетов методом анализа иерархии?
10. Как означают аббревиатуры SWOT и BCG?
11. Приведите примеры сильных и слабых сторон организации?
12. Каким образом определяется относительная доля рынка?
13. Что такое кластер?
14. Поясните назначение метода кластерного анализа.
15. В чем состоит принципиальное отличие агломеративных и дивизивных методов кластеризации?
16. Какие программные продукты могут быть использованы для реализации методов кластерного анализа?

ГЛАВА 3 ИНСТРУМЕНТАРИЙ ИНВЕСТИЦИОННОГО МЕНЕДЖМЕНТА

Проблема привлечения инвестиций является одной из ключевых в современной экономической действительности. Как известно, рост инвестиционных вложений указывает на конкурентоспособность экономики. Однако любая инвестиционная деятельность в первую очередь вызывает вопрос – будет ли данное вложение эффективным? Чтобы принять правильное решение, необходимо оценить инвестиционную его экономическую эффективность. По учету в инвестиционных расчетах фактора времени методы оценки эффективности инвестиционных проектов делятся на статические и динамические. Рассмотрим каждую группу методов более подробно и возможность их практической реализации в MS Excel.

1.1 Статические методы оценки экономической эффективности инвестиционных проектов

Статические методы рассматривают денежные поступления и выплаты, возникающие в разные моменты времени, как равноценные. К данной группе методов относятся:

- метод простого срока окупаемости (PBP - payback period);
- метод расчета средней нормы прибыли на инвестиции (ARR – average rate of return);
- метод анализа точки безубыточности (BEP - break-even point).

1.1.1 Метод простого срока окупаемости (PBP)

Метод простого срока окупаемости заключается в определении периода времени, в течение которого вложенные средства окупятся. Различают два подхода к расчету срока окупаемости.

В рамках первого подхода срок окупаемости определяется как отношение суммы первоначальных вложений (I_0) к чистым годовым поступлениям (NCF).

$$PBP = \frac{I_0}{NCF}. \quad (3.1)$$

Данный подход используется в случаях, когда чистые годовые поступления по годам проектного периода распределены равномерно. Рассмотрим на примере.

Пример 1

Имеется инвестиционный проект, требующий первоначальных вложений в сумме 600 тыс.руб. Ожидается, что поступления чистых денежных средств в

течение следующих 8-ми лет составят 150 тыс.руб. ежегодно. Срок окупаемости проекта составит:

$$PBP = \frac{I_0}{NCF} = \frac{600}{150} = 4 \text{ года,} \quad (3.2)$$

Таким образом, сумма первоначальных вложений будет возмещена за 4 года.

Второй подход к расчету простого срока окупаемости состоит в определении чистых денежных поступлений от реализации проекта нарастающим итогом, то есть кумулятивной величины. Используется в том случае, если величины чистых денежных поступлений по годам проектного периода не равны.

Пример 2

Имеется инвестиционный проект, требующий первоначальных вложений в размере 600 тыс. руб. Компоненты чистого потока денежных средств по годам проектного периода существенно различаются, нарастая со временем (см. табл.3.1)

Таблица 3.1 – Прогноз чистого потока денежных средств

Наименование показателя	Год				
	1	2	3	4	5
NCF, тыс.руб.	50	100	200	250	300

В этом случае для расчета простого срока окупаемости необходимо провести пошаговое суммирование чистых денежных поступлений до тех пор, пока результат (кумулятивная величина) не станет равной сумме инвестиций.

Таблица 3.2 – Расчет простого срока окупаемости

Наименование показателя	Год				
	1	2	3	4	5
NCF, тыс.руб.	50	100	200	250	300
То же, нарастающим итогом	50	150	350	600	900

В данном примере срок накопления суммы, равной первоначальным инвестициям, составит 4 года. При расчете срока окупаемости может возникнуть ситуация, когда срок накопления суммы, равной первоначальным инвестициям, не кратен целому числу лет (см. пример 3)

Пример 3

Таблица 3.3 – Расчет простого срока окупаемости

Наименование показателя	Год				
	1	2	3	4	5
NCF, тыс.руб.	100	150	200	300	350
То же, нарастающим итогом	100	250	450	750	1100

В данном примере кумулятивный чистый денежный поток за 3 года составит 450 тыс. руб., а за 4 года – 750 тыс. руб. Т.е. в первом случае кумулятивный NCF меньше необходимого объема инвестиций, а во втором случае – превышает его. Чтобы определить точное значение срока окупаемости, необходимо:

- найти кумулятивную сумму чистых денежных поступлений за целое число периодов, при которой эта сумма оказывается наиболее близкой к величине инвестиций, но меньше её;
- определить, какая часть суммы инвестиций осталась еще непокрытой денежными поступлениями;
- разделить непокрытый остаток суммы инвестиций на величину денежных поступлений в следующем периоде.

Полученный результат будет характеризовать ту долю периода, которая в сумме с предыдущими целыми периодами и образует общую величину срока окупаемости. Указанный алгоритм может быть представлен в виде следующей формулы:

$$PBP = t + \frac{\left[I_0 - \sum_{k=1}^t NCF_k \right]}{NCF_{t+1}}, \quad (3.3)$$

где t – шаг расчета, предшествующий моменту перекрытия инвестированного капитала кумулятивным чистым денежным потоком;

NCF_{t+1} – чистый денежный поток в $t+1$ году, на который приходится момент окупаемости,

I – сумма инвестиций.

Подставляя значения, получим:

$$PBP = t + \frac{\left[I_0 - \sum_{k=1}^t NCF_k \right]}{NCF_{t+1}} = 3 + \frac{100 - 450}{300} = 3,5 \text{ года.}$$

Подобный расчет правомерен в том случае, если поступления чистых денежных средств в течение года носят равномерный характер. В противном случае, необходимо проводить суммирование за более короткие периоды времени, например – по месяцам.

Преимуществом показателя простой срок окупаемости (РВР) является наглядность и простота расчета. Срок окупаемости отражает период, в течение которого инвестор будет рисковать вложенными средствами. К недостаткам следует отнести отсутствие различия денежных потоков, возникающих в разные моменты времени.

1.1.2 Метод расчета средней нормы прибыли на инвестиции (ARR)

Метод расчета средней нормы прибыли на инвестиции основан на определении отношения среднегодовой чистой прибыли по проекту к средней величине инвестиций.

Средняя величина инвестиций находится путем деления исходной суммы инвестиций пополам, при этом предполагается, что по истечении срока реализации проекта вся сумма будет списана (амортизирована). Если допускается наличие ликвидационной стоимости, то её величина исключается:

$$ARR = \frac{ANPr}{0,5 \cdot (V - V_{rs})}, \quad (3.4)$$

где $ANPr$ - среднегодовая чистая прибыль,

V_{rs} - ликвидационная стоимость.

Рассчитанная величина сравнивается с коэффициентом рентабельности авансированного капитала, определяемого делением общей чистой прибыли организации на общую сумму средств, авансированных в её деятельность.

Пример 4

Имеется инвестиционный проект. Прогнозируемые значения чистой прибыли представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Прогноз чистой прибыли

Наименование показателя	Год				
	1	2	3	4	5
Чистая прибыль, руб.	700	2 450	2 800	3 120	3 840

Для реализации проекта необходимы инвестиции в сумме 55 000 руб. Организация имеет основания полагать, что по истечении 5-ти лет она сможет

продать оборудование за 10 000 руб. Необходимо рассчитать среднюю норму прибыли на инвестиции:

1. Определим среднегодовую чистую прибыль по проекту:

$$ANP_r = (700+2450+2800+3120+3840) / 5 = 2582 \text{ руб.}$$

2. Подставив соответствующее значение в формулу получим:

$$ARR = \frac{ANP_r}{0,5 \cdot (-RV)} = \frac{2582}{(55000 - 10000) / 2} = \frac{2582}{6000} = 0,1148 \text{ или } 11,48\%$$

Преимуществом показателя является наглядность и простота расчета. Недостаток заключается в отсутствии учета различной стоимости денег во времени.

1.1.3 Метод анализа точки безубыточности (БЕР)

Метод анализа точки безубыточности состоит в определении объема продаж, при котором доходы от реализации продукции (работ, услуг) равны затратам и инвестору становится безразлично, принять или отклонить данный проект. Для определения точки безубыточности может быть использован графический и аналитический метод.

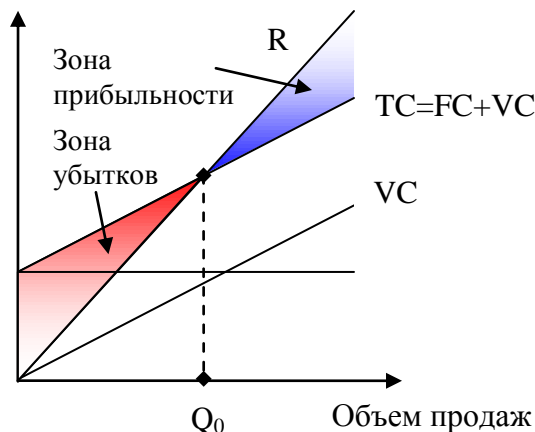


Рисунок 3.1 – Графический метод определения точки безубыточности

Условные обозначения:

FC (Fixed Cost) – постоянные затраты;

VC (Variable Cost) – переменные затраты;

TC (Total Cost) – общие затраты;

R (Revenue) – доходы от реализации продукции (работ, услуг);

Q₀ (Quantity) – критический объем продаж.

Для расчета точки безубыточности аналитическим методом необходимо определить затраты и доходы.

$$TC = FC + VC, \quad (3.5)$$

$$VC = AVC \cdot Q. \quad (3.6)$$

Подставляя выражение (3.6) в формулу (3.5), получим:

$$TC = FC + AVC \cdot Q. \quad (3.7)$$

Доходы от реализации продукции (работ, услуг) определяются:

$$TR = Q \cdot P \quad (3.8)$$

Точка безубыточности – это объем продаж, при котором $TC = TR$.

Приравнявая выражения, получим:

$$Q \cdot P = FC + AVC \cdot Q, \quad (3.9)$$

$$Q \cdot (P - AVC) = FC, \quad (3.10)$$

$$Q_0 = \frac{FC}{(P - AVC)} \quad (3.11)$$

Для того, чтобы определить точку безубыточности в денежном выражении необходимо умножить полученную величину Q_0 на цену единицы продукции.

При проведении анализа инвестиционного проекта объемы спроса на продукцию сопоставляются с объемом безубыточности. Если ожидаемый спрос значительно превышает объем безубыточности, то проект считается экономически эффективным. Рассмотрим возможность определения точки безубыточности аналитическим методом в MS Excel.

Пример 5

Инвестор рассматривает целесообразность осуществления инвестиционного проекта. Предполагаемая цена реализации единицы продукции составляет 1 000 руб. Переменные затраты в расчете на единицу товара 600 руб. Общая сумма постоянных затрат составляет 10 млн.руб. Маркетинговые исследования показали, что максимальный объем сбыта составит 50 000 единиц товара. Необходимо оценить целесообразность реализации проекта с помощью метода анализа точки безубыточности.

Алгоритм определения точки безубыточности аналитическим методом в MS Excel

- создать форму таблицы с исходными данными:

	А	В	С
1	Метод анализа точки безубыточности		
2			
3	Цена единицы продукции	1 000.00	руб.
4	Переменные затраты в расчете на ед.то	600.00	руб.
5	Постоянные затраты	10 000 000.00	руб.
6			
7	Точка безубыточности		единиц

- присвоить ячейкам названия («имена»)

Для этого необходимо встать на соответствующую ячейку, нажать правую кнопку мыши и в появившемся контекстном меню выбрать пункт «Имя диапазона» (см.рис.3.2)

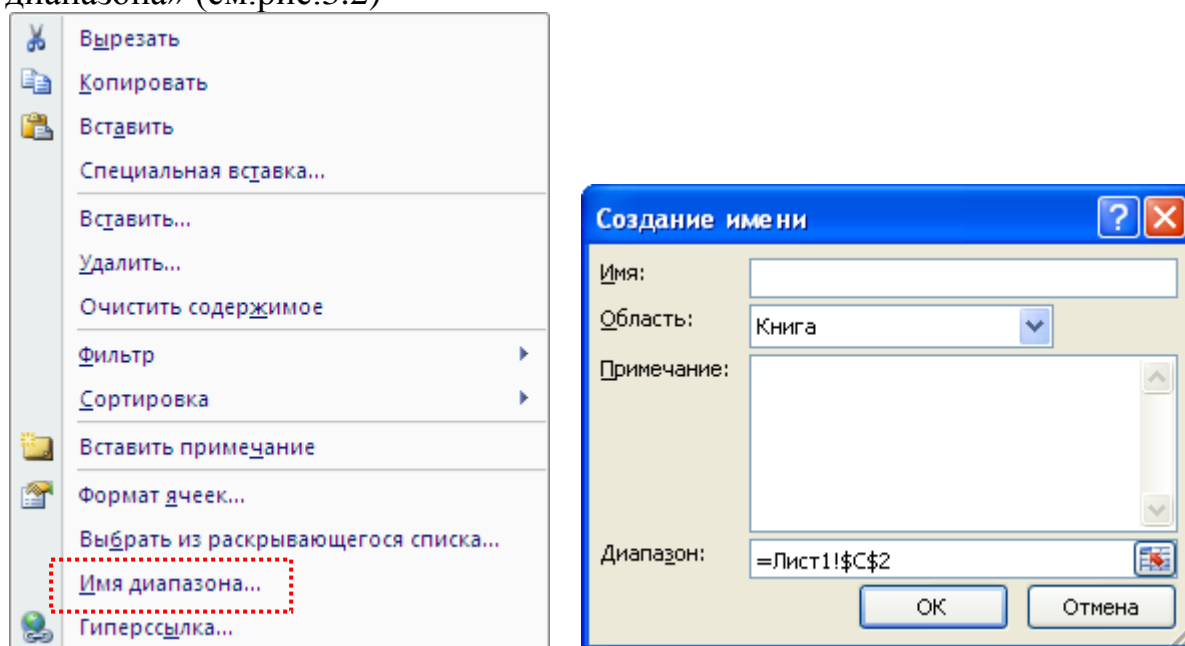


Рисунок 3.2 – Создание именованных ячеек (шаг 1, 2)

В появившемся окне необходимо указать желаемое имя ячейки.

- ввод расчетных формул:

	A	B	C
1	Метод анализа точки безубыточности		
2			
3	Цена единицы продукции	1 000,00	руб.
4	Переменные затраты в расчете на ед. товара	600,00	руб.
5	Постоянные затраты	10 000 000,00	руб.
6			
7	Точка безубыточности	=FC/(P-AVC)	единиц

Рисунок 3.3 – Ввод расчетной формулы

В результате расчетов получим объем безубыточности 25 000 единиц. Таким образом, инвестиционный проект можно рекомендовать к реализации, так как прогнозируемый объем продаж в 2 раза превышает объем безубыточности.

Алгоритм определения точки безубыточности графическим методом в MS Excel

– создать таблицу следующей формы:

	B	C	D	E	F
9	Q	Доход (TR), тыс.руб.	VC, тыс.руб.	FC, тыс.руб.	ТС, тыс.руб.
10	0				
11	1000				
12	2000				
13	3000				
14	4000				
15				

Рисунок 3.4 – Фрагмент расчетной таблицы

Примечание:

На рисунке приведен фрагмент таблицы. Выполняя расчеты в MS Excel необходимо сформировать таблицу с диапазоном значений объема продаж от 0 до 40 000 ед.

– в ячейки C10:F10 ввести расчетные формулы, указав ссылки на соответствующие ячейки:

	B	C	D	E	F
9	Q	Доход (TR), тыс.руб.	VC, тыс.руб.	FC, тыс.руб.	ТС, тыс.руб.
10	0	=B10*P/1000	=AVC*B10/1000	=FC/1000	=D10+E10
11	1000				
12	2000				
13	3000				
14	4000				
15	5000				
16	6000				
17	7000				
18	8000				
19	9000				

Рисунок 3.5 – Ввод расчетных формул

- растянуть введенные формулы на весь блок ячеек соответствующих столбцов.
- построение графика

Для этого необходимо выделить блок ячеек B9:F42 и нажать кнопку «Мастер диаграмм» на панели инструментов. В появившемся диалоговом окне выбрать тип «Точечная диаграмма» (без маркеров). В результате получим следующий график:

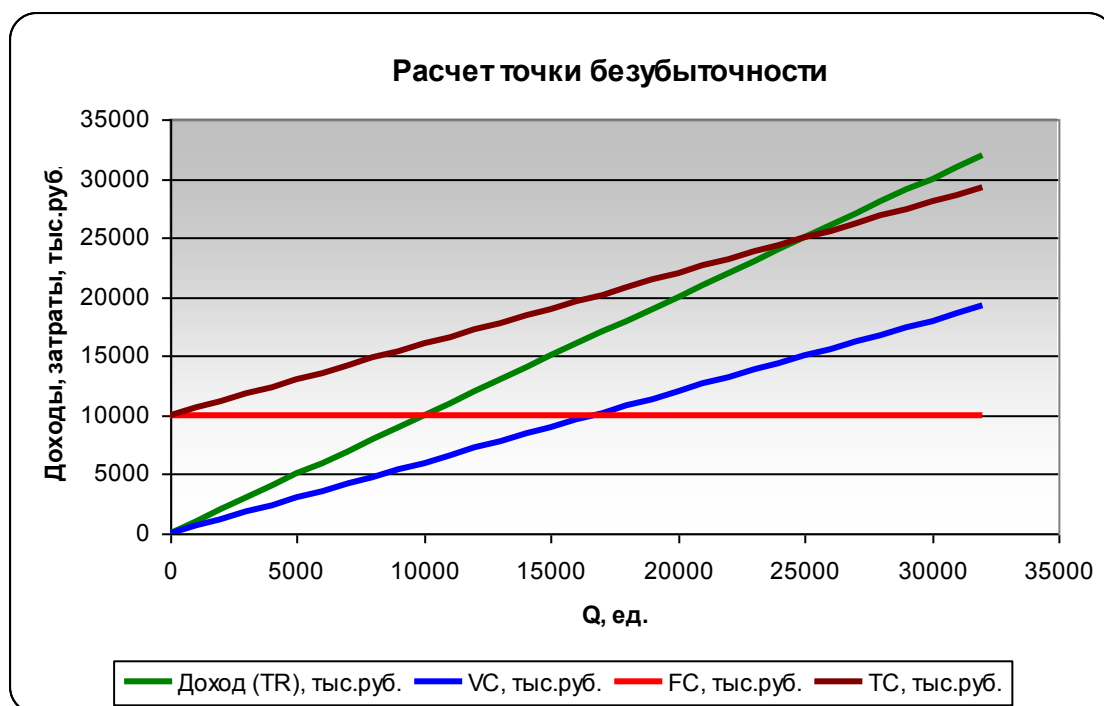


Рисунок 3.6 – Графический метод определения точки безубыточности

3.2 Динамические методы оценки экономической эффективности инвестиционных проектов

Динамические показатели экономической эффективности инвестиционных проектов основаны на операции дисконтирования денежных потоков. Дисконтирование - это процедура приведения разновременных денежных потоков поступлений и выплат к единому моменту времени. К данной группе относятся:

- 1) чистая текущая стоимость (NPV);
- 2) индекс доходности (PI);
- 3) внутренняя норма доходности (IRR);
- 4) динамический срок окупаемости (DPBP).

3.2.1 Чистая текущая стоимость (NPV)

Чистая текущая стоимость рассчитывается как разность дисконтированных денежных потоков поступлений и выплат, производимых в процессе реализации проекта. В зарубежной экономической литературе соответствующий показатель носит название Net Present Value (NPV).

Расчет этого показателя осуществляется по формуле:

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{CIF_t}{(1+R)^t} - \sum_{t=0}^T \frac{COF_t}{(1+R)^t}, \quad (3.12)$$

где NPV (Net Present Value) - чистая текущая стоимость;

CIF_t (Cash Input Flow) - поступления денежных средств на t -ом шаге расчета, образующие входной денежный поток;

COF_t (Cash Output Flow) - выплаты денежных средств t -ом шаге расчета, образующие выходной денежный поток;

R- норма дисконта;

T – горизонт расчета.

Если инвестиции в проект производятся одновременно, то формула может быть представлена следующим образом:

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{NCF_t}{(1+R)^t} - I_0, \quad (3.13)$$

где NCF_t - чистый денежный поток на t -ом шаге расчета (разность входного (CIF_t) и выходного (COF_t) денежных потоков);

I_0 - единовременные инвестиции в проект.

Положительное значение NPV свидетельствует о целесообразности принятия решения о финансировании проекта, а при сравнении

альтернативных проектов предпочтение отдается проекту с большей величиной этого показателя.

Преимуществом показателя NPV является наглядность, т.к. он дает оценку эффективности инвестиционного проекта непосредственно в денежных единицах. Кроме того, этот показатель обладает свойством аддитивности, что позволяет его использовать при формировании инвестиционного портфеля.

Недостатком является сильная зависимость от значения ставки дисконтирования. Необоснованное увеличение ставки дисконтирования приводит к снижению NPV проекта, вплоть до отрицательных значений. При этом может быть отвергнут хороший проект.

Пример 6

По заданию руководства фирмы необходимо оценить экономическую эффективность инвестиционного проекта, проанализировать целесообразность его включения в план стратегического развития. Определить чистую текущую стоимость (NPV), индекс доходности (PI), внутреннюю норму доходности (IRR), срок окупаемости (DPBP). Распределение чистого потока денежных средств (NCF) по годам проектного периода представлено в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Исходные данные

Год	Чистый поток денежных средств (NCF), тыс. руб.
1	550
2	1200
3	2400
4	3500

Инвестиции в проект осуществляются одновременно в сумме 3500 тыс. руб. Ставку дисконтирования принять равной 15%. Рассмотрим расчет динамических показателей экономической эффективности в MS Excel.

– Создание формы таблицы с исходными данными:

	А	В	С	Д	Е
1					
2	Исходные данные				
3					
4	Норма дисконта	0.15			
5	Инвестиции	3500	тыс.руб.		
6					
7		Год			
8	Наименование показателя	1	2	3	4
9	Чистый поток денежных средств (NCF), тыс.руб.	550.00	1200.00	2400.00	3500.00

Рисунок 3.7 – Фрагмент рабочего листа MS Excel с исходными данными

– Расчет коэффициента дисконтирования:

Коэффициент дисконтирования определяется по формуле:

$$k = \frac{1}{(1+r)^t}, \quad (3.14)$$

где t – шаг расчета ($t = 1, 2, 3$ и т.д.),

r – норма дисконта.

Для этого в ячейку **B10** необходимо ввести формулу расчета коэффициента дисконтирования, указав ссылки на соответствующие ячейки, причем ссылка на ячейку **B4** должна быть преобразована в абсолютную ссылку. Для этого необходимо нажать на клавиатуре кнопку «**F4**».

	А	В	С	Д	Е
1					
2	Исходные данные				
3					
4	Норма дисконта	0.15			
5	Инвестиции	3500	тыс.руб.		
6					
7	Наименование показателя	Год			
8		1	2	3	4
9	Чистый поток денежных средств (NCF), тыс.руб.	550.00	1200.00	2400.00	3500.00
10	Коэффициент дисконтирования	=1/(1+\$B\$4)^B8			

Рисунок 3.8 – Ввод расчетных формул

Далее растянуть введенную формулу на диапазон клеток **C10:E10**.

В результате получим:

	А	В	С	Д	Е
1					
2	Исходные данные				
3					
4	Норма дисконта	0.15			
5	Инвестиции	3500	тыс.руб.		
6					
7	Наименование показателя	Год			
8		1	2	3	4
9	Чистый поток денежных средств (NCF), тыс.руб.	550.00	1200.00	2400.00	3500.00
10	Коэффициент дисконтирования	0.87	0.76	0.66	0.57

Рисунок 3.9 – Результаты расчета коэффициента дисконтирования

– Расчет дисконтированного чистого потока денежных средств:

Для этого в ячейку **B11** введем следующую формулу: = B9*B10

	A	B	C	D	E
1					
2	Исходные данные				
3					
4	Норма дисконта	0.15			
5	Инвестиции	3500	тыс.руб.		
6					
7		Год			
8	Наименование показателя	1	2	3	4
9	Чистый поток денежных средств (NCF), тыс.руб.	550.00	1200.00	2400.00	3500.00
10	Кэффициент дисконтирования	0.87	0.76	0.66	0.57
11	DNCF, тыс.руб.	=B9*B10			

Рисунок 3.10 – Расчет чистого дисконтированного денежного потока

Растянуть введенную формулу на весь диапазон ячеек **C11:E11**. Для расчета чистой текущей стоимости необходимо просуммировать полученные значения дисконтированного чистого потока денежных средств. Добавим в расчетную таблицу дополнительную строку с названием *«То же, нарастающим итогом»* и проведем суммирование:

	A	B	C	D	E
1					
2	Исходные данные				
3					
4	Норма дисконта	0.15			
5	Инвестиции	3500	тыс.руб.		
6					
7		Год			
8	Наименование показателя	1	2	3	4
9	Чистый поток денежных средств (NCF), тыс.руб.	550.00	1200.00	2400.00	3500.00
10	Кэффициент дисконтирования	0.87	0.76	0.66	0.57
11	DNCF, тыс.руб.	478.26	907.37	1578.04	2001.14
12	То же, нарастающим итогом	478.26	=B12+C11		

Рисунок 3.11 – Расчет кумулятивной величины чистого дисконтированного денежного потока

Для расчета NPV из полученной суммы необходимо вычесть сумму первоначальных инвестиций. Заполнив соответствующие строки таблицы, в ячейке E15 получим значение NPV.

	А	В	С	Д	Е
6					
7	Наименование показателя	Год			
8		1	2	3	4
9	Чистый поток денежных средств (NCF), тыс.руб.	550.00	1200.00	2400.00	3500.00
10	Коэффициент дисконтирования	0.87	0.76	0.66	0.57
11	DNCF, тыс.руб.	478.26	907.37	1578.04	2001.14
12	То же, нарастающим итогом	478.26	1385.63	2963.67	4964.81
13	Инвестиции				
14	DNCF-I				
15	То же, нарастающим итогом				
16					

Рисунок 3.12 – Расчет чистой текущей стоимости

3.2.2 Индекс доходности (PI)

Индекс доходности (PI - Profitability Index) определяется как отношение дисконтированных денежных потоков поступлений и выплат, производимых в процессе реализации проекта за весь инвестиционный период:

$$PI = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{CIF_t}{(1+R)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{COF_t}{(1+R)^t}}. \quad (3.15)$$

Если инвестиции единовременные, то формула имеет вид:

$$PI = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{NCF_t}{(1+R)^t}}{I_0}. \quad (3.16)$$

Если $PI > 1$, проект считается экономически эффективным и может быть рекомендован к реализации, если $PI < 1$, то проект отклоняется. В отличие от NPV, индекс доходности – это относительный показатель, чем выше отдача каждого рубля, вложенного в проект, тем больше значение этого показателя. При равных значениях NPV индекс доходности дает основание выбрать проект, имеющий наибольшее его значение.

Для расчета индекса доходности в MS Excel в ячейку B15 необходимо ввести знак «=» и указать ссылки на соответствующие ячейки: =E12 / B5

	A	B	C	D	E
1					
2	Исходные данные				
3					
4	Норма дисконта	0.15			
5	Инвестиции	3500	тыс.руб.		
6					
7		Год			
8	Наименование показателя	1	2	3	4
9	Чистый поток денежных средств (NCF), тыс.руб.	550.00	1200.00	2400.00	3500.00
10	Коэффициент дисконтирования	0.87	0.76	0.66	0.57
11	DNCF, тыс.руб.	478.26	907.37	1578.04	2001.14
12	То же, нарастающим итогом	478.26	1385.63	2963.67	4964.81
13	Инвестиции	3500.00	0.00	0.00	0.00
14	DNCF-I	-3021.74	907.37	1578.04	2001.14
15	То же, нарастающим итогом	-3021.74	-2114.37	-536.33	1464.81
16					
17					
18	Чистая текущая стоимость (NPV)	1464.81			
19	Индекс доходности (PI)	=E12/B5			

Рисунок 3.13 – Расчет индекса доходности

3.2.3 Внутренняя норма доходности (IRR)

Метод внутренней нормы доходности предполагает определение ставки дисконтирования (R), при которой величина входного и выходного дисконтированных денежных потоков равны.

Внутренняя норма доходности обычно обозначается аббревиатурой IRR (от англ. Internal Rate of Return) и определяется из следующего выражения:

$$IRR = \arg \left\{ R \left| \sum_{t=0}^T \frac{CIF_t}{(1+R)^t} = \sum_{t=0}^T \frac{COF_t}{(1+R)^t} \right. \right\} \quad (3.17)$$

Для расчета IRR используется метод линейной интерполяции, базирующийся на теореме Больцано-Коши.

Если непрерывная функция $NPV(R)$ на промежутке $[R_1; R_2]$ является монотонной и принимает на концах этого промежутка разные знаки, то в некоторой внутренней точке этого промежутка функция $NPV(R)$ примет значение равное нулю, и эта точка (корень функции) единственная на этом промежутке (см. рис.3.14).

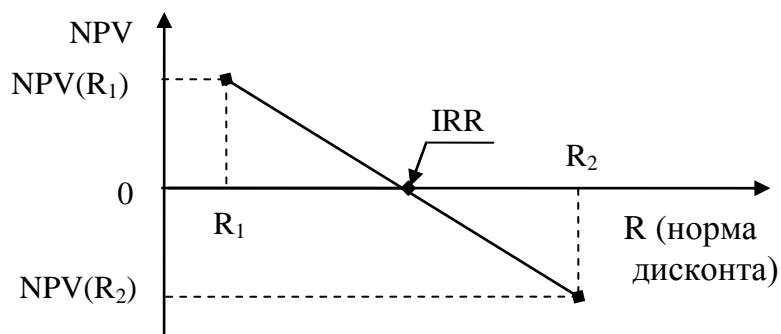


Рисунок 3.14 – Графическая иллюстрация расчета внутренней нормы доходности

Приближенное значение корня функции вычисляется по формуле:

$$IRR = R_1 - \frac{NPV(R_1) \cdot (R_2 - R_1)}{NPV(R_2) - NPV(R_1)} \quad (3.18)$$

Для оценки проекта по критерию IRR сравнивают внутреннюю норму доходности инвестиционного проекта с требуемой инвестором нормой прибыли, которую называют ставкой отсечения или пороговой ставкой. Ставка отсечения устанавливается инвестором исходя из целей, которые он ставит перед собой. Например, в качестве ставки отсечения может быть принята средняя норма прибыли для проектов той же степени риска, что и анализируемый проект или более высокая ставка.

Если IRR ниже, чем пороговая ставка, то проект отвергается, в противном случае – принимается. При сравнении нескольких альтернативных проектов лучшим является проект с наибольшим значением IRR. К недостаткам критерия IRR следует отнести то, что он применим только к регулярным инвестиционным проектам.

Под регулярным инвестиционным проектом понимается проект, последовательность денежных потоков которого характеризуются не более одной сменой знака. Это означает, что знаки денежных потоков образуют последовательность типа « - - - + + + » или « + + + - - - ». Если инвестиционный проект не является регулярным, то применение критерия внутренней нормы доходности затруднено.

Для расчета внутренней нормы доходности в MS Excel необходимо создать блок вспомогательных ячеек B22:B25. В ячейку B22 необходимо записать значение нормы дисконта, при которой NPV проекта принимает положительное значение (например, 0,15). В ячейку B23 записывается значение чистой текущей стоимости соответствующее данной норме дисконта. Далее необходимо подобрать такую величину нормы дисконта, при которой чистая текущая стоимость будет иметь отрицательное значение. Например, возьмем норму дисконта равную 35% и подставим в ячейку **B4**.

В ячейке B15 будет выведен результат расчета NPV при данной норме дисконта. При $R=0.35$, чистая текущая стоимость принимает отрицательное значение $NPV = -404,96$ тыс. руб.

Подставим эти значения в ячейки B23 и B25. Для расчета IRR в ячейку B27 введем расчетную формулу (3.18), указав ссылки на диапазон вспомогательных ячеек.

=B22-B24*(B23-B22)/(B25-B24)					
	A	B	C	D	E
7	Наименование показателя	Год			
8		1	2	3	4
9	Чистый поток денежных средств (NCF), тыс.руб.	550.00	1200.00	2400.00	3500.00
10	Коэффициент дисконтирования	0.87	0.76	0.66	0.57
11	DNCF, тыс.руб.	478.26	907.37	1578.04	2001.14
12	То же, нарастающим итогом	478.26	1385.63	2963.67	4964.81
13	Инвестиции	3500.00	0.00	0.00	0.00
14	DNCF-I	-3021.74	907.37	1578.04	2001.14
15	То же, нарастающим итогом	-3021.74	-2114.37	-536.33	1464.81
16					
17					
18	Чистая текущая стоимость (NPV)	1464.81			
19	Индекс доходности (PI)	1.42			
20					
21	Расчет внутренней нормы доходности (IRR)				
22	R1	0.15			
23	R2	0.35			
24	NPV1>0	1464.81			
25	NPV2<0	-404.96			
26					
27	IRR	=B22-B24*(B23-B22)/(B25-B24)			

Рисунок 3.15 – Расчет внутренней нормы доходности

В результате расчетов получим $IRR=30,66\%$

21	Расчет внутренней нормы доходности (IRR)	
22	R1	0.15
23	R2	0.35
24	NPV1>0	1464.81
25	NPV2<0	-404.96
26		
27	IRR	0.3066834

Рисунок 3.16 – Результат расчета внутренней нормы доходности

Для повышения наглядности построим график, отражающий зависимость чистой текущей стоимости от нормы дисконта $NPV=f(R)$.

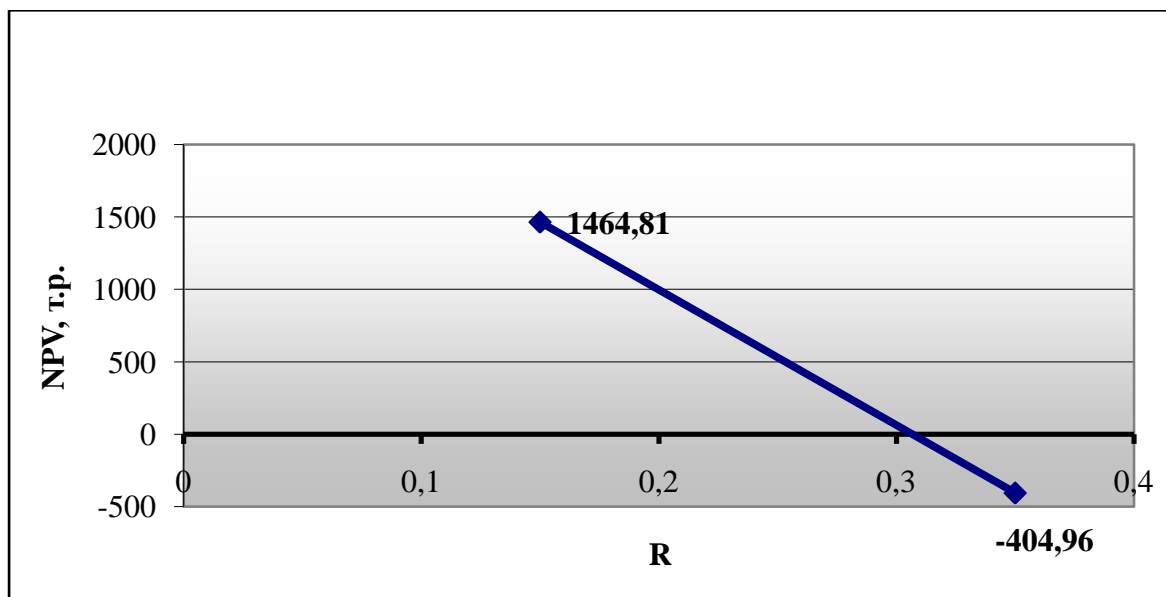


Рисунок 3.17 – Графическая интерпретация внутренней нормы доходности

3.2.4 Динамический срок окупаемости (DPBP)

Динамический срок окупаемости (DPBP - discounted payback period) - период времени (t), который понадобится для возврата инвестированного капитала.

$$DPBP = \arg \left\{ t \left| \sum_{t=0}^T \frac{CIF_t}{(1+R)^t} = \sum_{t=0}^T \frac{COF_t}{(1+R)^t} \right. \right\}, \quad (3.19)$$

Если срок окупаемости превышает инвестиционный период, то проект считается экономически неэффективным. Расчет дисконтированного срока окупаемости производится из следующего выражения:

$$DPBP = t_1 + \frac{|NPV_1| \cdot (t_2 - t_1)}{NPV_2 + |NPV_1|}, \quad (3.20)$$

где t_1 - момент времени, в котором чистая текущая стоимость имеет отрицательное значение ($NPV_1 < 0$);

t_2 - момент времени, в котором чистая текущая стоимость имеет положительное значение ($NPV_2 > 0$).

Для определения динамического срока окупаемости в MS Excel необходимо определить 2 момента времени:

t_1 - момент времени, когда $NPV < 0$,

t_2 – момент времени, когда $NPV > 0$.

	А	В	С	Д	Е
7	Наименование показателя	Год			
8		1	2	3	4
9	Чистый поток денежных средств (NCF), тыс.руб.	550.00	1200.00	2400.00	3500.00
10	Кoeffициент дисконтирования	0.87	0.76	0.66	0.57
11	DNCF, тыс.руб.	478.26	907.37	1578.04	2001.14
12	То же, нарастающим итогом	478.26	1385.63	2963.67	4964.81
13	Инвестиции	3500.00	0.00	0.00	0.00
14	DNCF-I	-3021.74	907.37	1578.04	2001.14
15	То же, нарастающим итогом	-3021.74	-2114.37	-536.33	1464.81
16					

Рисунок 3.18 – Динамика чистой текущей стоимости по шагам проектного периода

Из последней строки таблицы, представленной на рис.3.18 видно, что срок окупаемости составляет больше трех, но меньше четырех лет, т.е. в третьем году $NPV < 0$, а в четвертом году $NPV > 0$. Для расчета точного значения срока окупаемости необходимо создать блок дополнительных ячеек, указав в них ссылки на соответствующие ячейки.

29	Расчет динамического срока окупаемости	
30		
31	t1	3
32	t2	4
33	NPV1	-536.33
34	NPV2	1464.81
35		
36	DPBP	

Рисунок 3.19 – Блок вспомогательных ячеек для расчета срока окупаемости

В ячейку B36 введена расчетная формула 3.20:

29	Расчет динамического срока окупаемости	
30		
31	t1	3
32	t2	4
33	NPV1	-536.33
34	NPV2	1464.81
35		
36	DPBP	=B31+ABS(B33)*(B32-B31)/(B34+ABS(B33))

Рисунок 3.20 – Ввод расчетной формулы DPBP

В результате получим $DPBP = 3,27$ года. Для повышения наглядности построим график, отражающий динамику чистой текущей стоимости во времени $NPV=f(t)$.

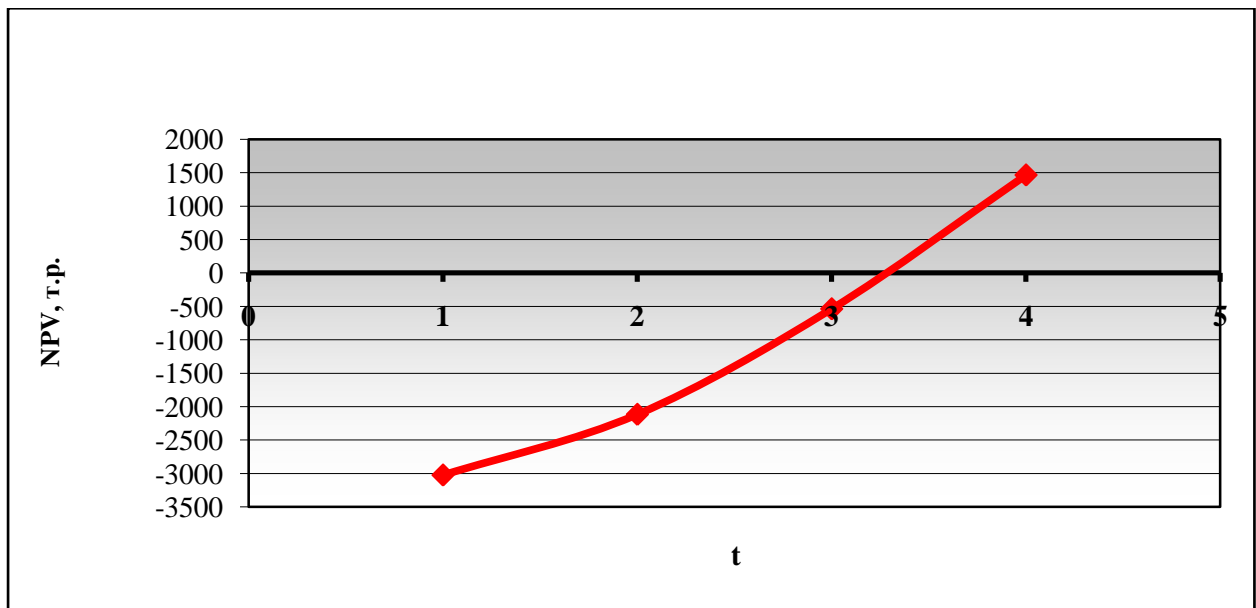


Рисунок 3.21 – Динамика чистой текущей стоимости

Динамические показатели являются основой существующих официальных рекомендательных документов по оценке эффективности инвестиционных проектов. В целом они позволяют устранить недостатки, присущие статическим методам, однако имеют свои упущения, среди которых особо следует отметить следующие:

1. Сложность выбора значения нормы дисконта, отсутствие надежных методов расчета этой величины.
2. Основой оценки эффективности инвестиционных проектов являются прогнозы, которые, в силу неопределенности, неизбежно сопутствующей инвестиционной деятельности, часто неточны.
3. Не учитывается потенциальная выгода фактора неопределенности. Неопределенность рассматривается как негативный фактор. Чем выше неопределенность, тем выше ставка дисконтирования, тем меньше стоимость проекта, следовательно, его эффективность. В тоже время руководство компании может извлечь выгоду из её существования в результате принятия гибких решений. Следовательно, неопределенность является фактором возможного роста.
4. Предполагается, что решение о реализации проекта принимается в начальный момент времени, а после этого денежные потоки предопределены.
5. Не учитывается возможность руководства вносить изменения в стратегические планы при получении новой информации о рыночной конъюнктуре.

Рассмотренные недостатки существующего методического инструментария оценки экономической эффективности инвестиционных проектов обуславливают необходимость его совершенствования. Одним из направлений развития методологии инвестиционной оценки является применение концепции анализа реальных опционов (Real Options Analysis).

3.3 Использование концепции реальных опционов в практике принятия инвестиционных решений

Несмотря на то, что концепция реальных опционов является новым направлением в области инвестиционного анализа, на сегодняшний день в мировой экономической литературе накоплено достаточно большое количество источников по её теоретическому и практическому применению. К классическим трудам, посвященным опционному подходу, без сомнения, можно отнести работы: Ф. Блека и М. Шоулза, А. Дамодарана, Р. Мертона, Д. Муна, А. Диксита и Р. Пиндайка, Н. Кулатилака, Д. Ингерсолла и С. Росса, Л. Тригеоргиса и ряда других зарубежных исследователей. В нашей стране этот вопрос менее изучен. Теория реальных опционов предполагает использование методологии финансовых (или рыночных) опционов в реальном бизнесе. Прежде, чем рассматривать её сущность, определим, что такое опцион вообще и реальный опцион в частности.

«Опцион – это контракт, предоставляющий его владельцу право покупать или продавать определенные активы по заранее оговоренной цене» [7]. Самая важная характеристика опциона в том, что он не носит обязывающий характер, владелец может не реализовать его, отказавшись от заключения сделки. Предметом опционной сделки могут быть обыкновенные акции, значения фондовых индексов, долговые инструменты (казначейские облигации, векселя), товары (пшеница, золото), иностранная валюта. Существует два типа опционов:

- 1) колл – опционы (call options) или опционы покупателя;
- 2) пут – опционы (put options) или опционы продавца.

Колл – опцион дает покупателю опциона право купить базисный актив (underlying asset) по фиксированной цене, называемой ценой страйк (strike price) или ценой исполнения (exercise price), в любой момент времени до наступления даты экспирации (expiration date). За это право покупатель опциона платит определенную цену – премию по опциону. Если в момент окончания срока действия опциона рыночная цена базисного актива меньше цены страйк, то опцион не исполняется и истекает без всяких последствий. Если же стоимость базисного актива превышает цену страйк, то опцион исполняется. В этом случае владелец опциона покупает базисный актив по цене исполнения, возникающая разница между рыночной ценой актива и ценой исполнения составляет валовую прибыль. Чистая прибыль представляет собой разницу между валовой прибылью и ценой колл - опциона, уплаченной первоначально в момент его приобретения. Платежная диаграмма, представленная на рис.3.22, иллюстрирует денежные выплаты по опциону при его истечении.

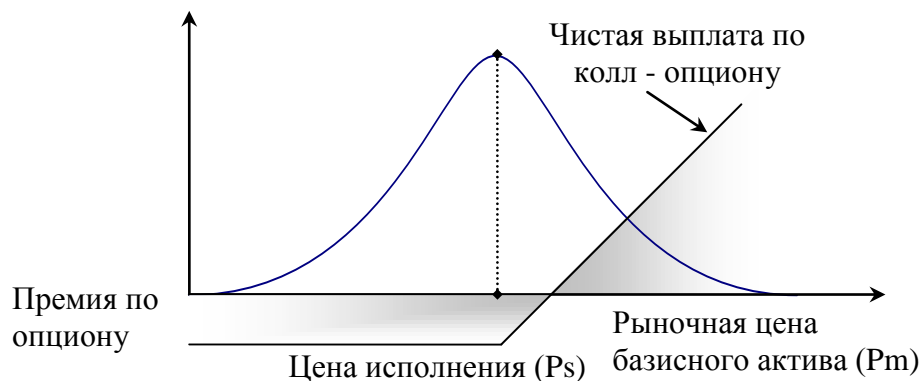


Рисунок 3.22 - Платежная диаграмма для колл-опциона

Если рыночная цена базисного актива меньше цены страйк, то чистая выплата имеет отрицательное значение и равна цене, уплаченной первоначально за колл - опцион. В противном случае, валовая выплата равна разнице между рыночной ценой базисного актива и ценой исполнения, а чистая выплата равна разнице между валовой выплатой и премией колл - опциона. Пут – опцион дает его владельцу право продать базисный актив по фиксированной цене, называемой ценой страйк (strike price) или ценой исполнения (exercise price) в любой момент времени до наступления даты экспирации (expiration date) [4]. За это право покупатель пут – опциона платит определенную цену – премию по опциону.

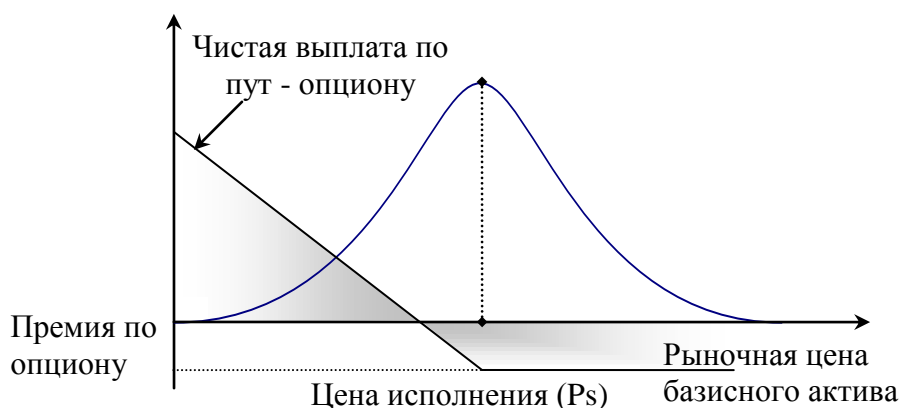


Рисунок 3.23 - Платежная диаграмма для пут – опциона

Из платежной диаграммы, представленной на рис.3.23, видно, что пут – опцион выгодно исполнить тогда, когда рыночная цена базисного актива ниже цены страйк, что позволяет продать базисный актив по цене выше рыночной. Если опцион на текущий момент исполнить выгодно, то он называется опционом «в деньгах» («In-the-money»), в противном случае говорится, что опцион «вне денег» («Out-the-money»). Если право купить/продать актив реализуется на определенную дату, то опцион называется «европейским», если же в течение определенного срока, то опцион называется «американским».

Несмотря на существующую аналогию финансовых и реальных опционов, между ними имеются ряд ключевых отличий.

Во-первых, реальный опцион не является ценной бумагой. Реальный опцион представляет собой возможность принятия гибких решений в условиях постоянно меняющейся среды. Это есть средство активного менеджмента, направленного на максимизацию ценности инвестиционного проекта. Во-вторых, реальные опционы обычно имеет более продолжительный период, в течение которого они могут быть исполнены. Для рыночных опционов время до истечения (time to expiration) обычно составляет несколько месяцев, в то время как для реальных опционов оно измеряется в годах. В-третьих, владельцы рыночных опционов не могут воздействовать на курс базисного актива, в то время как ценность инвестиционного проекта может быть увеличена, поскольку реальные опционы проектируются менеджерами компании.

Как уже было отмечено выше, появление концепции реальных опционов обусловлено недостатками традиционного подхода к оценке эффективности, который предполагает пассивное управление проектом и не учитывают возникающих синергетических эффектов. Согласно традиционному подходу, все, что должен делать менеджер – это следить за тем, чтобы проект осуществлялся по заранее разработанному плану. Таким образом, из оценки инвестиционного проекта исключается способность менеджеров принимать в будущем решения, адекватные складывающейся ситуации. В противоположность традиционному методу, опционный подход учитывает управленческую гибкость, поскольку рассматривает инвестиционный проект как систему опционов. Гибкость, возможность изменить принятое решение в широком смысле слова имеет свою ценность. Чем больше таких возможностей содержится в проекте, тем большую ценность имеет и сам проект.

Концептуально показатель чистой текущей стоимости ИП можно представить как сумму показателя NPV, рассчитанного согласно традиционной методике, и ценности заключенных в проекте управленческих опционов, что может быть представлено в виде следующей формулы:

$$NPV_{\text{exp}} = NPV_{\text{tr}} + ROV, \quad (3.21)$$

где NPV_{exp} (Expanded NPV) – расширенная чистая текущая стоимость инвестиционного проекта;

NPV_{tr} (Traditional NPV) – чистая текущая стоимость, рассчитанная традиционным методом;

ROV (Real Options Value) – ценность реальных опционов.

Таким образом, концепция реальных опционов позволяет количественно оценить имеющиеся в проекте возможности и тем самым включить их в оценку эффективности инвестиционного проекта. Следует отметить, что количественная оценка играет ключевую роль при принятии инвестиционного

решения. Имеется множество моделей оценки реальных опционов, однако наиболее применимыми являются биномиальный метод и модель Блека-Шоулза.

3.3.1 Биномиальный метод оценки реальных опционов

Биномиальный метод (Binomial approach) был предложен в 1978 году Уильямом Шарпом (William Sharpe) и разработан совместно с Коксом (J. Cox), Россом (S. Ross) и Рубинштейном (M. Rubinstein). Основная идея этого подхода заключается в моделировании движения стоимости базисного актива на основе биномиального закона.

Предполагается, что в рассматриваемый период времени переменная может измениться лишь в двух направлениях: увеличиться с вероятностью p или уменьшиться с вероятностью $(1-p)$. Таким образом, моделируется стохастическое поведение стоимости актива во времени. Увеличивая количество временных периодов, получим графическую фигуру, называемую биномиальной решеткой или биномиальным деревом.

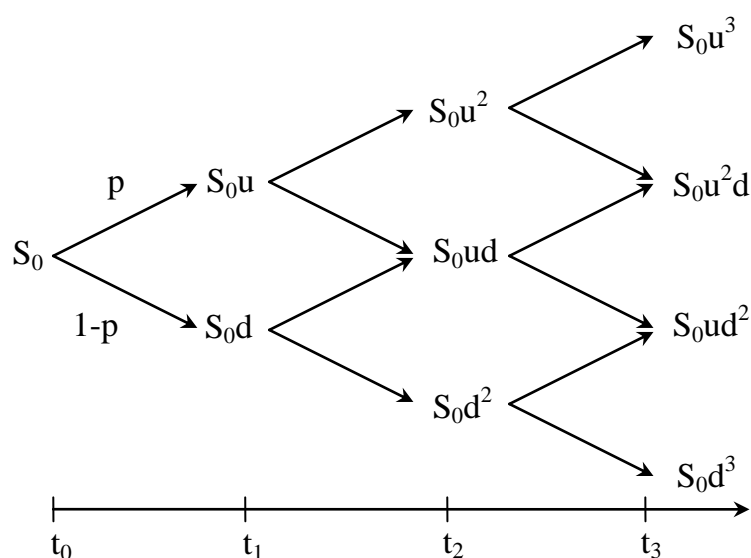


Рисунок 3.24 - Рекомбинационная биномиальная решетка

Для проведения расчетов необходимы следующие исходные данные:

- 1) S_0 (present value of the underlying asset) – текущая стоимость базисного актива;
- 2) X (implementation cost of the option) – цена исполнения опциона;
- 3) σ (volatility) – волатильность денежных потоков;
- 4) T_{ex} (time to expiration) – срок исполнения опциона;
- 5) R_f (risk-free rate) - безрисковая ставка.

Для оценки реальных опционов на основе биномиального метода следует рассчитать три дополнительных параметра:

1. u (up factor) – фактор роста;

- 1) d (down factor) – фактор снижения;
- 2) p (risk-neutral probability) – риск - нейтральную вероятность.

Фактор роста рассчитывается по следующей формуле:

$$u = e^{\sigma\sqrt{\delta t}}, \quad (3.22)$$

где e – основание натурального логарифма;

δt (stepping time) - время шага. Рассчитывается по следующей формуле:

$$\delta t = \frac{T_{ex}}{N}, \quad (3.23)$$

где T_{ex} (time to expiration) – срок исполнения;

N (Number of steps) – число шагов в биномиальной решетке.

Фактор снижения – это величина обратно пропорциональная фактору роста.

$$d = e^{-\sigma\sqrt{\delta t}} = \frac{1}{u}. \quad (3.24)$$

Поскольку при переходе от одного звена биномиального дерева к другому риск проекта меняется, вместе с ним должна корректироваться и ставка дисконтирования. Обосновывать переменные ставки дисконта для каждого звена биномиального дерева было бы слишком сложной задачей, с практической точки зрения, поэтому прибегают к использованию риск-нейтральных вероятностей:

$$P_u = \frac{e^{R_f \delta t} - d}{u - d}, \quad (3.25)$$

$$P_d = 1 - P_u. \quad (3.26)$$

Риск - нейтральные вероятности представляют собой математические условности, позволяющие избежать необходимости корректировать ставку дисконтирования на каждом этапе.

Биномиальный подход предполагает поэтапное выполнение расчетов. На первом этапе создается *биномиальная решетка оценки базисного актива* (underlying asset lattice) путем перемножения его текущей стоимости на коэффициенты роста и снижения. Далее следует понять, какое влияние могут оказать те или иные решения на результат проекта. Для этого на втором этапе строится *опционная решетка* (option valuation lattice) с помощью метода обратной индукции (backward induction) [21]. В соответствии с этим подходом сперва выполняется оценка завершающих узлов решетки, а затем, двигаясь справа налево, оцениваются промежуточные узлы. В каждом узле выбирается наиболее выгодное решение. Рассчитав эффективность проекта с учетом ценности реальных опционов и отняв от неё базисное значение NPV (без их учета), получим ценность реальных опционов.

Для автоматизации расчетов могут быть созданы динамические модель MS Excel или использованы макросы, написанные на языке Visual Basic for Applications. Для создания динамической модели расчета ценности реальных

опционов необходимо выполнить следующую последовательность действий:

- создать блок ячеек для ввода исходных данных:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2		Расчет ценности реального опциона							
3									
4		Текущая стоимость, т.р.	<input type="text"/>		Время шага (dt)	<input type="text"/>			
5		Цена исполнения, т.р.	<input type="text"/>		Фактор роста (u)	<input type="text"/>			
6		Срок исполнения, лет	<input type="text"/>		Фактор снижения (d)	<input type="text"/>			
7		Безрисковая ставка, %	<input type="text"/>		Риск-нейтральная вероятность (p)	<input type="text"/>			
8		Волатильность, %	<input type="text"/>						
9		Число шагов	<input type="text"/>		Real Option Value, т.р.	<input type="text"/>			
10									

Рисунок 3.25 – Создание рабочей формы для расчета ценности реальных опционов

- Присвоить ячейкам имена. Для этого необходимо встать на соответствующую ячейку и щелкнуть правой кнопкой мыши. В появившемся контекстном меню выбрать пункт «Имя диапазона».

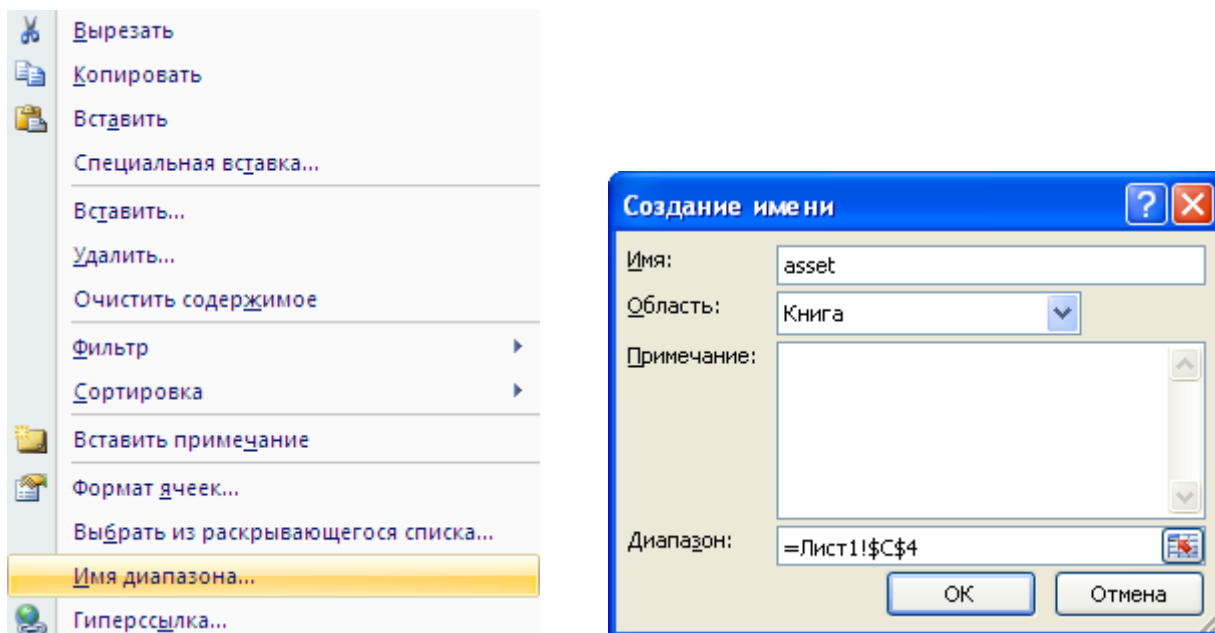


Рисунок 3.26 – Создание именованных диапазонов

В появившееся диалоговое окно введите желаемое имя ячейки:

В ячейки I4:I7 необходимо ввести расчетные формулы, указав ссылки на блок ячеек с исходными данными:

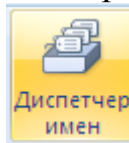
I4: =maturity/steps

I5: =EXP(volatility*КОРЕНЬ(dt))

I6: =EXP(-volatility*КОРЕНЬ(dt))

I7: =(EXP((Rf)*dt)-d)/(u-d)

При ссылке на именованные ячейки будет выводиться не адрес ячеек, а присвоенное ей имя. Для просмотра присвоенных имен можно использовать диспетчер имен. Для этого необходимо открыть вкладку ФОРМУЛЫ и



выбрать соответствующую пиктограмму:

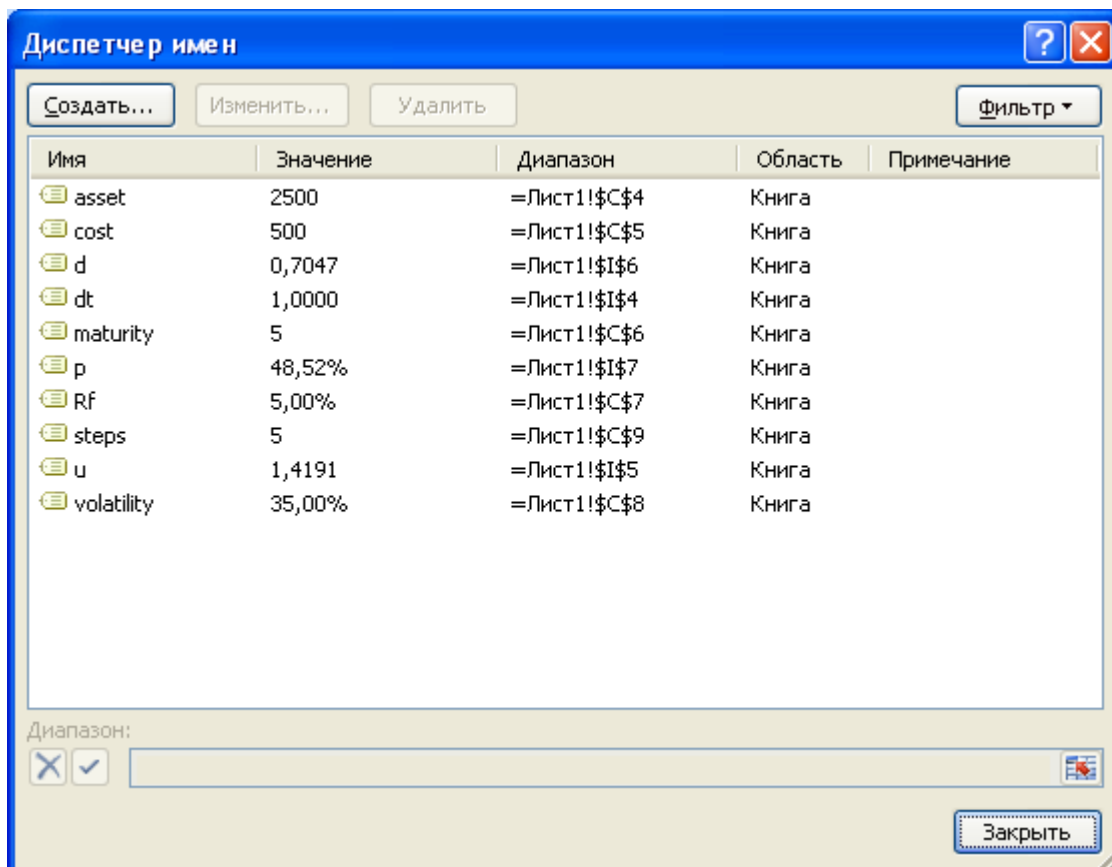


Рисунок 3.27 - Интерфейс диспетчера имен

Результат промежуточных вычислений представлен на рис.3.28

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2		Расчет ценности реального опциона							
3									
4		Текущая стоимость, т.р.	2500		Время шага (dt)			1,0000	
5		Цена исполнения, т.р.	500		Фактор роста (u)			1,4191	
6		Срок исполнения, лет	5		Фактор снижения (d)			0,7047	
7		Безрисковая ставка, %	5,00%		Риск-нейтральная вероятность (p)			48,52%	
8		Волатильность, %	35,00%						
9		Число шагов	5		Real Option Value, т.р.			2 112,45	
10									

Рисунок 3.28 – Результаты расчета ROV

Для определения ценности реального опциона необходимо построить три вида биномиальных решеток:

- 1) биномиальную решетку оценки базового актива;
- 2) опционную решетку;
- 3) решетку решений.

Биномиальная решетка оценки базового актива формируется путем произведения текущей стоимости базисного актива и значений факторов роста и снижения. Расчет осуществляется в направлении от исходного узла решетки к завершающим (см. рис.3.29).

	A	C	D	E	F	G	H
12							
13							=G14*u
14						=F15*u	
15					=E16*u		=G16*u
16				=D17*u		=F17*u	
17		=C18*u		=E18*u			=G18*u
18	=asset		=D19*u		=F17*d		
19		=C18*d		=E18*d			=G20*u
20			=D19*d		=F19*d		
21				=E20*d			=G22*u
22					=F21*d		
23							=G22*d

Рисунок 3.29 – Расчет базовой биномиальной решетки

Далее для того, чтобы понять, какое влияние могут оказать те или иные решения на результат проекта с помощью метода обратной индукции построится опционная решетка. В соответствии с данным подходом, сперва осуществляется оценка завершающих узлов, а затем, двигаясь справа налево, оцениваются промежуточные узлы. Соответствующие расчетные формулы представлены на рис.3.30

	C	D	E	F	G	H
24						
25						=МАКС(0;H13-cost)
26					=(p*H25+(1-p)*H27)*EXP(-Rf*dt)	
27				=p*G26-		=МАКС(0;H15-cost)
28			=p*F27-		=(p*H27+(1-p)*H29)*EXP(-Rf*dt)	
29		=p*E28-		=p*G28-		=МАКС(0;H17-cost)
30	=p*D29-		=p*F29-		=(p*H29+(1-p)*H31)*EXP(-Rf*dt)	
31		=p*E30-		=p*G30-		=МАКС(0;H19-cost)
32			=p*F31-		=(p*H31+(1-p)*H33)*EXP(-Rf*dt)	
33				=p*G32-		=МАКС(0;H21-cost)
34					=(p*H33+(1-p)*H35)*EXP(-Rf*dt)	
35						=МАКС(0;H23-cost)
36						

Рисунок 3.30 – Расчет опционной решетки

Результаты выполненных вычислений для биномиальной решетки оценки базисного актива и для опционной решетки представлены на рис.3.31.

	A	C	D	E	F	G	H
12							
13							14 387
14						10 138	
15					7 144		7 144
16				5 034		5 034	
17		3 548			3 548		3 548
18	2 500		2 500			2 500	
19		1 762			1 762		1 762
20			1 241			1 241	
21					875		875
22						616	
23							434
24							
25							13 887
26						9 662	
27					6 692		6 644
28				4 604		4 559	
29		3 138			3 095		3 048
30	2 112		2 070			2 024	
31		1 356			1 309		1 262
32			819			766	
33					438		375
34						173	
35							0
36							

Рисунок 3.31– Результирующие решетки

Для повышения наглядности выполненных расчетов и упрощения их

интерпретации рекомендуется построить решетку решений. Для этого в ячейки биномиального дерева необходимо ввести формулы с использованием функции ЕСЛИ. Рассмотрим на примере ячейки Н37.

Н37: =ЕСЛИ(Н25=Н13-cost;"Execute";"End")

Аналогичные формулы вводятся во все завершающие ячейки (диапазон ячеек Н37:Н47). Формула для промежуточных узлов решетки несколько отличается. Рассмотрим на примере ячейки G38.

G38: =ЕСЛИ(G26=G14-cost;"Execute";"Continue")

Аналогичные формулы вводятся в остальные ячейки биномиальной решетки. В результате получим решетку решений, отражающую наиболее выгодное решение в каждой точке бифуркации.

	A	C	D	E	F	G	H	I
36								
37							Execute	
38						Continue		
39					Continue		Execute	
40				Continue		Continue		
41		Continue			Continue		Execute	
42	Continue			Continue		Continue		
43		Continue			Continue		Execute	
44			Continue			Continue		
45				Continue			Execute	
46						Continue		
47							End	
48								

Рисунок 3.32 – Решетка решений

Условные обозначения:

"Execute" – исполнение опциона;

"Continue" – продолжение проекта без исполнения опциона;

"End" – завершение проекта.

Представленная динамическая модель реализует биномиальный метод оценки европейского колл-опциона. В случае необходимости аналогичные динамические модели могут быть построены для других видов опционов.

Применяя биномиальный метод для оценки реальных опционов, исходят из предположения, что число звеньев дискретно и заранее известно. Логика подхода требует, чтобы их количество соответствовало частоте принятия

наиболее значимых для проекта решений. Узлы решетки должны быть теми моментами времени, в которых принимаются стратегические решения о сокращении, развитии, переключении бизнеса и т.д. В том случае, если проект требует постоянного мониторинга и ситуация может измениться в любую минуту, необходимо увеличивать число звеньев биномиальной решетки, сокращая временные интервалы между её узлами. Таким образом, дискретная биномиальная модель превращается в непрерывную. Когда процесс оценки является непрерывным, биномиальная модель оценки сходится с моделью Блека – Шоулза (Black - Scholes option pricing model).

3.3.2 Модель Блека – Шоулза

Данная модель была разработана профессорами Фишером Блэком (F.Black) и Майроном Шоулзом (M. Scholes) и опубликована в 1973 году. В 1997 году создатели модели были награждены Нобелевской премией. Исходная формула Блека-Шоулза для европейского колл – опциона имеет вид:

$$C_0 = S_0 N(d_1) - X e^{-RT_{ex}} N(d_2), \quad (3.27)$$

где $d_1 = \frac{\ln(S_0/X) + (R + 0,5\sigma^2) T_{ex}}{\sigma\sqrt{T_{ex}}}$;

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T_{ex}} ;$$

C_0 – стоимость колл - опциона;

S_0 – текущая стоимость базисного актива;

X – цена исполнения опциона;

e – основание натурального логарифма;

R – ставка безрисковой доходности;

T_{ex} – время до исполнения опциона;

σ – среднее квадратическое отклонение цены базисного актива за год;

$N(d)$ – кумулятивная функция нормального распределения (вероятность того, что значение нормально распределенной переменной меньше d).

Ценность опциона зависит от вероятности того, что к моменту исполнения он окажется выигрышным. Вероятность в формуле учитывается с помощью множителей $N(d_1)$ и $N(d_2)$. Представленная формула выведена исходя из риск-нейтрального подхода и предполагает, что опцион европейский, а по базисному активу доход не начисляется. Следует заметить, что эта модель может быть использована для консервативной оценки опционов американского типа, поскольку оценка европейского опциона является нижним пределом для американского опциона. Выражение для ценности пут - опциона можно получить из уравнения паритета пут и колл

опционов, произведя подстановку величины C_0 , т.е. воспользовавшись соотношением:

$$P = C_0 - S_0 + Xe^{-RT_{ex}}, \quad (3.28)$$

В результате получим формулу для нахождения ценности пут - опциона:

$$\begin{aligned} P &= S_0 N(d_1) - Xe^{-RT_{ex}} N(d_2) - S_0 + Xe^{-RT_{ex}} = \\ &= S_0 (N(d_1) - 1) + Xe^{-RT_{ex}} (-N(d_2)) \end{aligned} \quad (3.29)$$

При выводе своего уравнения Ф. Блек и М. Шоулз предположили, что до даты истечения опциона выплата дивидендов не производится. Р. Мертон обобщил эту модель, добавив к ней возможность получения постоянного дивидендного дохода (q). В результате была получена формула для оценки опциона с учетом дивидендов:

для колл - опциона: $C_0 = S_0 e^{-qT_{ex}} N(d_1) - Xe^{-RT_{ex}} N(d_2), \quad (3.30)$

для пут - опциона: $P = S_0 e^{-qT_{ex}} (N(d_1) - 1) + Xe^{-RT_{ex}} (-N(d_2)), \quad (3.31)$

где q - годовая ставка дивиденда.

$$d_1 = \frac{\ln(S_0/X) + (-q + 0,5\sigma^2)T_{ex}}{\sigma\sqrt{T_{ex}}}, \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T_{ex}}. \quad (3.32)$$

Для сокращения времени вычислений и исключения случайных ошибок также может быть создана динамическая модель. Рассмотрим процесс создания динамической модели для опциона на расширение масштаба проекта, который эквивалентен европейскому колл-опциону. Прежде всего, составим шаблон динамической модели (см. рис.3.33)

	A	B	C	D	E	F
2						
3	ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:					
4	Текущая стоимость денежных потоков от расширения проекта (S_0)					
5	Стандартное отклонение (σ)					
6	Инвестиции, необходимые для расширения проекта (X)					
7	Срок исполнения опциона (T_{ex}), лет					
8	Безрисковая процентная ставка (R_f)					
9						
10		$d1 =$	<input type="text"/>		$d2 =$	<input type="text"/>
11		$N(d1) =$	<input type="text"/>		$N(d2) =$	<input type="text"/>
12						
13	Real Option Value	<input type="text"/>				
14						

Рисунок 3.33 – Шаблон динамической модели расчета ROV

Далее присвоим ячейкам имена и введем исходные данные (см. рис.3.34)

Для расчета ценности реального опциона необходимо в ячейки В10:В11, Е10:Е11 и В13 ввести формулы, соответствующие модели Блека-Шоулза для европейского колл-опциона.

$$B10: =(LN(S0/X)+(Rf+0,5*(ско)^2)*Tex)/(ско*КОРЕНЬ(Tex))$$

$$B11: =НОРМСТРАСП(d_1)$$

$$E10: =d_1-ско*КОРЕНЬ(Tex)$$

$$E11: =НОРМСТРАСП(d_2)$$

$$B13: =S0*N_d1-X*EXP(-Rf*Tex)*N_d2$$

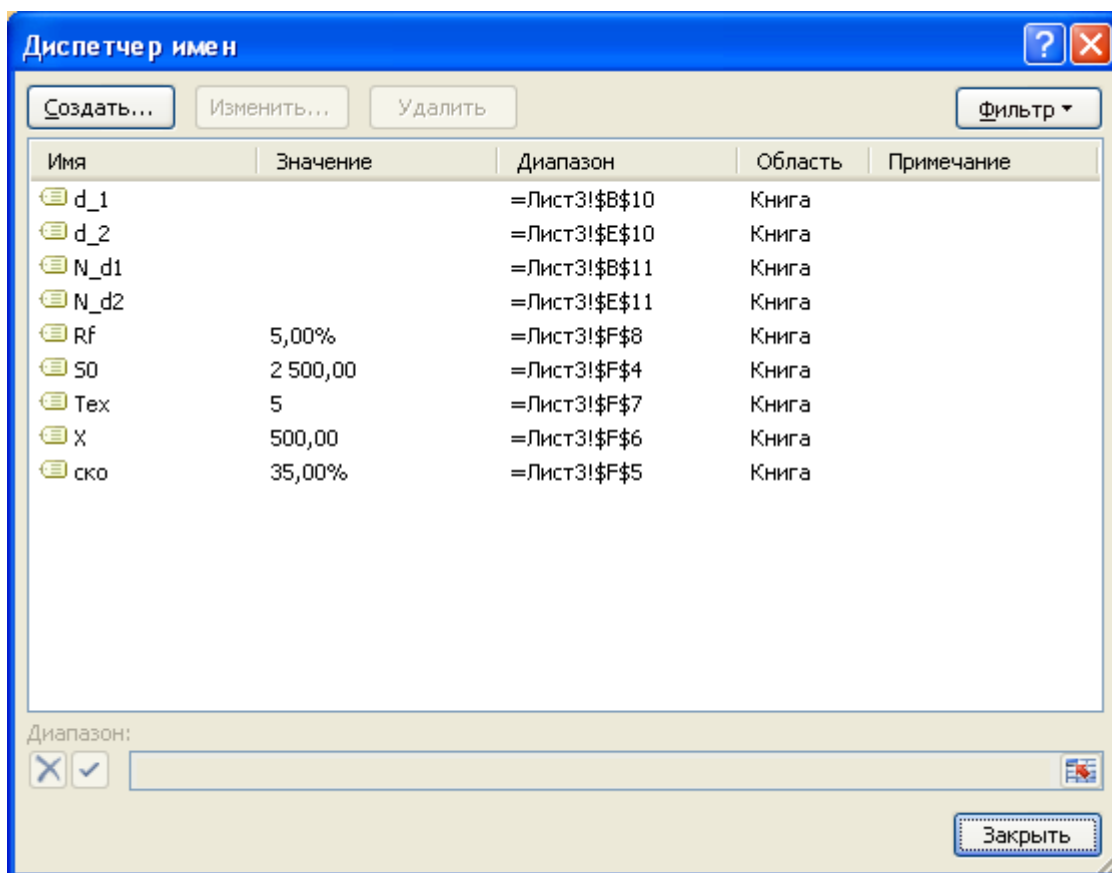


Рисунок 3.34 – Условные обозначения переменных модели

В результате ввода формул в ячейки динамической модели, получим:

	A	B	C	D	E	F	G
2							
3	ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:						
4	Текущая стоимость денежных потоков от расширения проекта (S_0)					2 500,00	
5	Стандартное отклонение (σ)					35,00%	
6	Инвестиции, необходимые для расширения проекта (X)					500,00	
7	Срок исполнения опциона (T_{ex}), лет					5	
8	Безрисковая процентная ставка (R_f)					5,00%	
9							
10		$d1 =$	$2,76721451$		$d2 =$	$1,98459072$	
11		$N(d1) =$	$0,99717312$		$N(d2) =$	$0,97640499$	
12							
13	Real Option Value	2 112,72					
14							

Рисунок 3.35 – Результаты расчета ROV методом Блека-Шоулза

Несмотря на сложность, формула Блека–Шоулза очень широко применяется на практике. Говорить о том, какой из двух подходов предпочтительнее, достаточно сложно, так как каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. В случае, когда биномиальная модель рассматривает очень короткие временные промежутки (т.е. при приближении дискретного процесса к непрерывному) результаты двух подходов максимально приближаются.

3.4 Методический инструментарий оценки рисков инвестиционных проектов

Условия, в которых осуществляют свою деятельность организации, характеризуются высоким уровнем неопределенности. Неопределенность – это неустранимое качество рыночной среды, связанное с тем, что на субъект экономических отношений оказывают одновременное воздействие множество факторов различной природы и направленности, а степень этого воздействия не является детерминированной. Необходимость принятия решения в условиях неопределенности приводит к риску, а его адекватный учет является важной задачей. Для оценки риска инвестиционного проекта могут быть использованы:

- метод анализа чувствительности;
- метод имитационного моделирования (Монте-Карло);
- метод анализа сценариев.

3.4.1 Метод анализа чувствительности

Метод анализа чувствительности (sensitivity analysis) предназначен для выявления наиболее значимых для инвестиционного проекта факторов риска путем отклонения каждой факторной переменной от своего базового значения. Он позволяет получить ответы на вопросы о том, как изменится значение

результатирующего показателя при изменении одной из факторных переменных.

Различают абсолютный и относительный анализ чувствительности.

При **относительном анализе чувствительности** расчеты выполняются в следующей последовательности.

- Рассчитывается базовое значение чистой текущей стоимости инвестиционного проекта (NPV).
- Определяется, на сколько процентов изменится результирующий показатель (NPV) при изменении каждой из факторных переменных на фиксированное количество процентов. Например, как изменится NPV, если количество пользователей уменьшится на 5%.
- Рассчитывается показатель чувствительности (k_i) к изменению каждой (i -ой) факторной переменной. Расчет осуществляется по следующей формуле:

$$k_i = \frac{NPV_i}{NPV} - 1, \quad (3.33)$$

где NPV_i - значение NPV, полученное в результате изменения i -ого факторного признака;

NPV - чистая текущая стоимость базового сценария проекта.

Абсолютный анализ чувствительности позволяет определить численное отклонение результирующего показателя. Например, на сколько млн.руб. изменится NPV, если количество пользователей снизится на 20 000 человек.

Таким образом, анализ чувствительности позволяет выявить направления дальнейших исследований. Если выявлена сильная чувствительность результирующего показателя (NPV) к изменениям некоторого исходного, то ему необходимо уделить особое внимание, его изменение должно контролироваться в первую очередь. Результаты анализа чувствительности позволяют разделить переменные ЭММ на стохастические и детерминированные и построить имитационную модель.

3.4.2 Оценка риска инвестиционного проекта с помощью метода имитационного моделирования Монте-Карло

Метод имитационного моделирования Монте-Карло предполагает оценку риска инвестиционного проекта в результате генерирования случайных значений стохастических переменных в соответствии с заданными ограничениями.

Метод Монте-Карло является одним из наиболее сложных подходов, для его реализации, как правило, наиболее квалифицированные специалисты в

соответствующей предметной области (эксперты). Их задача состоит в разработке имитационной модели, определении вида вероятностного распределения и определении входных параметров.

В MS Excel 2007 имеется несколько типов вероятностных распределений, наиболее распространенными из них являются:

- нормальное,
- равномерное,
- треугольное,
- Бернулли,
- Пуассона.

Для выполнения имитации значений необходимо в меню **ДАННЫЕ** необходимо выбрать пункт «**Анализ данных**», в появившемся диалоговом окне из списка выбрать инструмент «**Генерация случайных чисел**» и щелкнуть ОК. В появившемся диалоговом окне для каждой стохастической переменной необходимо выбрать тип вероятностного распределения и задать соответствующие входные параметры.

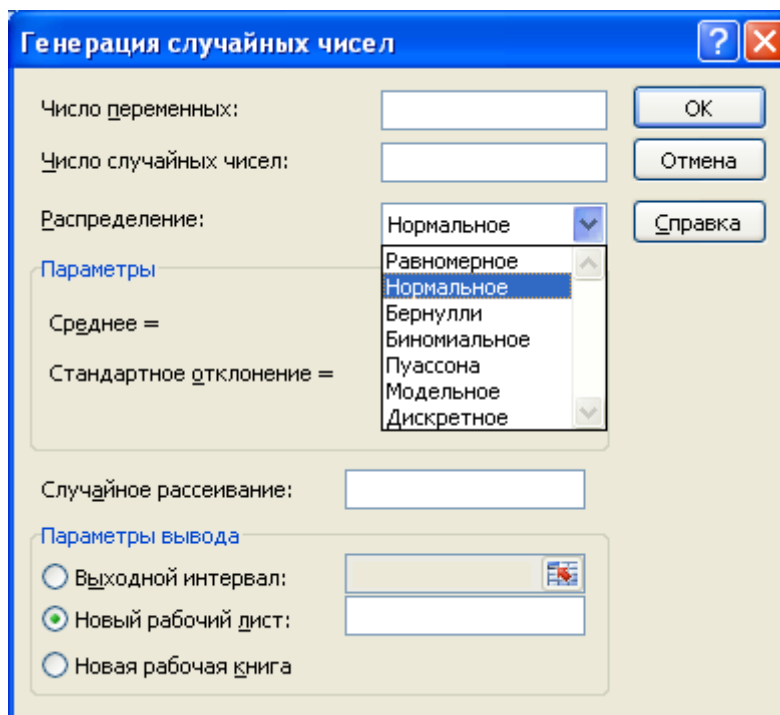


Рисунок 3.36 - Диалоговое окно генератора случайных чисел

Рассмотрим реализацию метода Монте-Карло на примере.

Пример:

По заданию руководства компании необходимо оценить экономическую эффективность инвестиционного проекта организации сети связи. Прогнозируемое количество пользователей и ожидаемая доходность представлены в табл. 3.5.

Таблица 3.5 – Расчет доходов от реализации проекта

Наименование показателя	Год		
	2011	2012	2013
Общее количество пользователей сети, чел.	250	540	760
ARPU, тыс.руб.	1,20	0,95	0,64
Доходы, тыс. руб.			

Строительство сети начинается в январе 2011 года и должно завершиться в марте 2011 года. Горизонт расчета охватывает временной период с 2011 по 2013 год. Капитальные затраты проектируемой сети складываются из затрат на покупку оборудования, его транспортировку, инсталляцию и пусконаладочные работы. Сумма капитальных затрат, переходящих в основные производственные фонды составляет 2 970 тыс.руб. Прирост оборотных средств составляет 2% от прироста основных производственных фондов. Амортизация начисляется линейным способом. Численность персонала, необходимая для реализации инвестиционного проекта составляет 6 человек, средняя заработная плата – 15 тыс.руб. При расчете фонда оплаты труда предусмотреть ежегодное повышение оплаты труда на 15%. Ставку дисконтирования принять равной 25%. Затраты на электроэнергию в 2011 году составят 175,2 тыс.руб. Прогнозируемый темп роста тарифов на электроэнергию составляет 10%. В 2011 году планируется провести активную рекламную кампанию, для чего потребуется 110 тыс. руб. (затраты на рекламу, сувенирную и полиграфическую продукцию), в последующие годы для привлечения пользователей и поддержания имиджа компании потребуется 50 и 30 тыс. руб. соответственно.

Алгоритм оценки риска методом имитационного моделирования Монте-Карло в MS Excel

Приступая к оценке риска проекта, прежде всего, необходимо построить экономико-математическую модель (ЭММ) показателя экономической эффективности инвестиционного проекта (как правило, NPV), а затем соответствующую динамическую модель расчета чистого денежного потока (NCF) для каждого года. ЭММ должна отражать взаимосвязь между факторными переменными и результирующим показателем. В качестве примера рассмотрим ЭММ чистой текущей стоимости для инвестиционного проекта организации сети сотовой связи:

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{\left[\sum_{i=1}^2 N_{ti} ARPU_{ti} - OPEX_t - Fin_t \right] \cdot (1 - Pr_t) + Amr_t}{(1 + R)^t} - \sum_{t=0}^T \frac{CAPEX_t}{(1 + R)^t}, \quad (3.34)$$

где N_{ti} - количество пользователей сети i -ой группы в t -ом году;

$ARPU_{ti}$ - средний доход от одного пользователя i -ой группы в t -ом году;

- $ОРЕХ_t$ - эксплуатационные затраты в t-ом году;
- Fin_t - платежи по налогам, относимым на финансовые результаты в t-ом году;
- Pr_t - ставка налога на прибыль в t-ом году;
- Amr_t - амортизационные отчисления в t-ом году;
- $CAPEX_t$ - капитальные затраты в t-ом году;
- R - ставка дисконтирования.

На рис. 3.38 представлен фрагмент имитационной модели для 1 года, отражающий взаимосвязи между факторными переменными. В рассматриваемом примере в качестве стохастических переменных выбраны количество пользователей сети и их ожидаемая доходность (ARPU). Для выполнения имитационного моделирования необходимо:

- в меню **ДАННЫЕ** выбрать пункт **АНАЛИЗ ДАННЫХ**, а затем в появившемся диалоговом окне инструмент «Генерация случайных чисел». В появившемся диалоговом окне необходимо указать тип вероятностного распределения и задать соответствующие входные параметры.

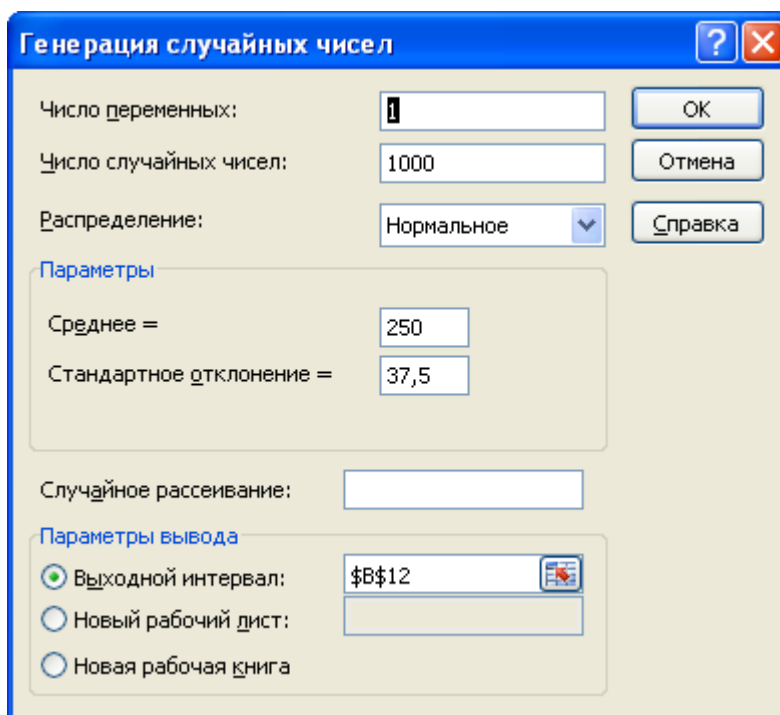


Рисунок 3.37 – Интерфейс надстройки «генератор случайных чисел»

Аналогичным образом выполняется имитационное моделирование для всех стохастических переменных.

1														
2														
3														
	A	B	C	D	G	M	N	R	S	T	U	V	W	X
1														
2	Имитационная модель (NCF1)													
3														
4	Стохастические переменные		Расчет NCF										NCF1	
5	Кол-во пользователей	ARPU	Доходы	Общие инвестиции	Экспл. затраты	Прибыль от реализации	Платежи по налогу на имущество	Прибыль до н/о	Налог на прибыль	Чистая прибыль	CIF	COF		
6	Ожидаемые значения													
7	250	1,20	2700	3029,4	2474,9	225,1	24,50	200,60	40,12	160,48	2700,00	4826,42	-2126,42	
8	СКО													
9	15,00%	25,00%												
10	37,5	0,3												
11	Результаты имитации													
12														
13														
14														
15														
16														
17														

Рисунок 3.38 – Шаблон имитационной модели чистого потока денежных средств (NCF₁)

1														
2														
3														
	A	B	C	D	G	M	N	R	S	T	U	V	W	X
1														
2	Имитационная модель (NCF1)													
3														
4	Стохастические переменные		Расчет NCF										NCF1	
5	Кол-во пользователей	ARPU	Доходы	Общие инвестиции	Экспл. затраты	Прибыль от реализации	Платежи по налогу на имущество	Прибыль до н/о	Налог на прибыль	Чистая прибыль	CIF	COF		
6	Ожидаемые значения													
7	250	1,20	2700	3029,4	2474,9	225,1	24,50	200,60	40,12	160,48	2700,00	4826,42	-2126,42	
8	СКО													
9	15,00%	25,00%												
10	37,5	0,3												
11	Результаты имитации													
12	263,62324	1,60696	3812,68202	3029,40	2474,90	1337,78	24,50	1313,28	262,66	1050,62	3812,68	5048,96	-1236,28	
13	251,32707	1,23197	2786,65049	3029,40	2474,90	311,75	24,50	287,25	57,45	229,80	2786,65	4843,75	-2057,10	
14	189,23853	1,05729	1800,72599	3029,40	2474,90	-674,17	24,50	-698,68	0	-698,68	1800,73	4786,30	-2985,58	
15	205,34290	1,32473	2448,22190	3029,40	2474,90	-26,68	24,50	-51,18	0	-51,18	2448,22	4786,30	-2338,08	
16	310,58087	0,87531	2446,69581	3029,40	2474,90	-28,20	24,50	-52,71	0	-52,71	2446,70	4786,30	-2339,61	
17	269,91926	0,85857	2085,69235	3029,40	2474,90	-389,21	24,50	-413,71	0	-413,71	2085,69	4786,30	-2700,61	
18	225,60428	1,22319	2483,61365	3029,40	2474,90	8,71	24,50	-15,79	0	-15,79	2483,61	4786,30	-2302,69	
19	312,48791	1,46427	4118,10601	3029,40	2474,90	1643,21	24,50	1618,70	323,74	1294,96	4118,11	5110,04	-991,94	
20	282,94952	0,97582	2484,97773	3029,40	2474,90	10,08	24,50	-14,42	0	-14,42	2484,98	4786,30	-2301,32	
21	287,70705	1,22213	3164,54423	3029,40	2474,90	689,64	24,50	665,14	133,03	532,11	3164,54	4919,33	-1754,79	
22	208,13312	1,20178	2251,16939	3029,40	2474,90	-223,73	24,50	-248,23	0	-248,23	2251,17	4786,30	-2535,13	
23	330,02712	1,50211	4461,64359	3029,40	2474,90	1986,74	24,50	1962,24	392,45	1569,79	4461,64	5178,75	-717,11	
24	207,52296	1,51664	2832,64350	3029,40	2474,90	357,74	24,50	333,24	66,65	266,59	2832,64	4852,95	-2020,31	

Рисунок 3.39 – Результаты имитационного моделирования NCF₁ (фрагмент)

Копируя значения и формулы ячеек D7:U7 на диапазон, соответствующий результатам имитационного моделирования, получим эмпирическое распределения чистого потока денежных средств (NCF_1).

В процессе разработки имитационной модели NCF_2 необходимо установить динамические связи с имитационной моделью NCF_1 . Например, при расчете фонда оплаты труда предусматривается ежегодный темп роста на уровне 15%. Таким образом, необходимо сделать ссылку на соответствующие ячейки предыдущего листа (см. рис.3.40)

		=Имитац.модель NCF1!H7*1,15						
		A	B	C	D	G	H	I
1								
2								
3								
4		Стохастические переменные						
5		Кол-во пользователей	ARPU	Доходы	Общие инвестиции	ФОТ	ЕСН	
6		Ожидаемые значения						
7		540	0,95	6156	0	1242	422,28	
8		СКО						
9		25,00%	30,00%					
10		135	0,285					
11		Результаты имитации						

Рисунок 3.40 – Фрагмент имитационной модели

Аналогичным образом разрабатывается имитационная модель чистого потока денежных средств для последующих периодов (см. рис.3.41-3.42)

1	A	B	C	D	G	M	N	R	S	T	U	V	W	X
2	Имитационная модель (NCF2)													
3														
4	Стохастические переменные		Расчет NCF										NCF2	
5	Кол-во пользователей	ARPU	Доходы	Общие инвестиции	Экспл. затраты	Прибыль от реализации	Платежи по налогу на имущество	Прибыль до н/о	Налог на прибыль	Чистая прибыль	CIF	COF		
6	Ожидаемые значения													
7	540	0,95	6156	0	2897,00	3259,00	38,12	3220,89	644,18	2576,71	6156	2589,29	3566,71	
8	СКО													
9	25,00%	30,00%												
10	135	0,285												
11	Результаты имитации													
12	505,42680	0,97146	5892,0387	0	2897,00	2995,04	38,12	2956,92	591,38	2365,54	5892	2536,50	3355,54	
13	673,11725	1,20801	9757,5917	0	2897,00	6860,59	38,12	6822,48	1364,50	5457,98	9757,6	3309,61	6447,98	
14	564,28071	0,74987	5077,6788	0	2897,00	2180,68	38,12	2142,56	428,51	1714,05	5077,7	2373,63	2704,05	
15	636,40181	0,75770	5786,3822	0	2897,00	2889,38	38,12	2851,27	570,25	2281,01	5786,4	2515,37	3271,01	
16	704,00147	0,92714	7832,4785	0	2897,00	4935,48	38,12	4897,36	979,47	3917,89	7832,5	2924,59	4907,89	
17	468,65918	0,82079	4616,0603	0	2897,00	1719,06	38,12	1680,95	336,19	1344,76	4616,1	2281,30	2334,76	
18	559,84276	1,59962	10746,442	0	2897,00	7849,44	38,12	7811,33	1562,27	6249,06	10746	3507,38	7239,06	
19	445,94255	0,94037	5032	0	2897,00	2135,23	38,12	2097,11	419,42	1677,69	5032,2	2364,54	2667,69	
20	531,31396	0,91346	5823	0	2897,00	2926,99	38,12	2888,88	577,78	2311,10	5824	2522,89	3301,10	
21	503,41671	1,36884	8269,1588	0	2897,00	5372,16	38,12	5334,04	1066,81	4267,24	8269,2	3011,92	5257,24	
22	707,80280	1,08221	9191,9058	0	2897,00	6294,91	38,12	6256,79	1251,36	5005,43	9191,9	3196,47	5995,43	
23	673,58842	0,93778	7580,1021	0	2897,00	4683,10	38,12	4644,99	929,00	3715,99	7580,1	2874,11	4705,99	
24	547,63073	0,98171	6451,381	0	2897,00	3554,38	38,12	3516,27	703,25	2813,01	6451,4	2648,37	3803,01	
25	672,83209	0,97901	7904,5462	0	2897,00	5007,55	38,12	4969,43	993,89	3975,54	7904,5	2939,00	4965,54	

Рисунок 3.41 – Результаты имитационного моделирования NCF₂ (фрагмент)

1														-
2														
3														
	A	B	C	D	G	M	N	R	S	T	U	V	W	X
1														
2	Имитационная модель (NCF3)													
3														
4	Стохастические переменные		Расчет NCF										NCF3	
5	Кол-во пользователей	ARPU	Доходы	Общие инвестиции	Экспл. затраты	Прибыль от реализации	Платежи по налогу на имущество	Прибыль до н/о	Налог на прибыль	Чистая прибыль	CIF	COF		
6	Ожидаемые значения													
7	760	0,64	5836,80	0	3145,91	2690,89	16,34	2674,55	534,91	2139,64	5836,8	2707,16	3129,64	
8	СКО													
9	30,00%	30,00%												
10	228	0,192												
11	Результаты имитации													
12	862,43950	0,71475	7397,13	0	3145,91	4251,22	16,34	4234,88	846,98	3387,90	7397,13	3019,23	4377,90	
13	727,38670	0,70947	6192,70	0	3145,91	3046,78	16,34	3030,45	606,09	2424,36	6192,696	2778,34	3414,36	
14	490,59996	0,82498	4856,80	0	3145,91	1710,89	16,34	1694,55	338,91	1355,64	4856,801	2511,16	2345,64	
15	448,86365	0,89302	4810,13	0	3145,91	1664,22	16,34	1647,88	329,58	1318,31	4810,13	2501,83	2308,31	
16	1001,22798	0,84573	10161,20	0	3145,91	7015,29	16,34	6998,95	1399,79	5599,16	10161,2	3572,04	6589,16	
17	429,18369	0,70778	3645,20	0	3145,91	499,29	16,34	482,95	96,59	386,36	3645,2	2268,84	1376,36	
18	898,44166	0,60358	6507,43	0	3145,91	3361,52	16,34	3345,18	669,04	2676,15	6507,431	2841,29	3666,15	
19	867,22782	0,37795	3933,26	0	3145,91	787,34	16,34	771,01	154,20	616,80	3933,255	2326,45	1606,80	
20	331,78963	0,55592	2213,39	0	3145,91	-932,52	16,34	-948,86	0	-948,86	2213,394	2172,25	41,14	
21	1249,14659	0,65327	9792,30	0	3145,91	6646,39	16,34	6630,05	1326,01	5304,04	9792,302	3498,26	6294,04	
22	909,53490	0,79854	8715,64	0	3145,91	5569,72	16,34	5553,39	1110,68	4442,71	8715,636	3282,93	5432,71	
23	584,01676	0,99260	6956,37	0	3145,91	3810,45	16,34	3794,12	758,82	3035,30	6956,368	2931,07	4025,30	
24	534,86767	0,57951	3719,51	0	3145,91	573,60	16,34	557,26	111,45	445,81	3719,513	2283,70	1435,81	

Рисунок 3.42– Результаты имитационного моделирования NCF₃ (фрагмент)

Далее на основе данных имитационного моделирования трех лет необходимо рассчитать NPV инвестиционного проекта. Для этого рекомендуется на отдельном листе книги MS Excel создать блок вспомогательных ячеек (см.рис.3.43)

	A	B	C	D
3				
4	Коэффициенты дисконтирования			
5	0,80	0,64	0,51	
6				
7	NCF1	NCF2	NCF3	NPV
8	-2126,42	3566,71	3129,64	2183,93
9				
10	Эмпирическое распределение			
11				
12	NCF1	NCF2	NCF3	NPV
13	-1236,28	3355,54	4377,90	3400,01
14	-2057,10	6447,98	3414,36	4229,18
15	-2985,58	2704,05	2345,64	543,10
16	-2338,08	3271,01	2308,31	1404,84
17	-2339,61	4907,89	6589,16	4643,02
18	-2700,61	2334,76	1376,36	38,45
19	-2302,69	7239,06	3666,15	4667,91
20	-991,94	2667,69	1606,80	1736,45
21	-2301,32	3301,10	41,14	292,71
22	-1754,79	5257,24	6294,04	5183,35
23	-2535,13	5995,43	5432,71	4590,52
24	-717,11	4705,99	4025,30	4499,10
25	-2020,31	3803,01	1435,81	1552,82

Рисунок 3.43 – Эмпирическое распределение NPV

Для оценки риска проекта необходимо выполнить экономико-статистический анализ результатов имитации. Для этого следует в меню **ДАННЫЕ** выбрать пункт **АНАЛИЗ ДАННЫХ**, а затем инструмент **Описательная статистика**.

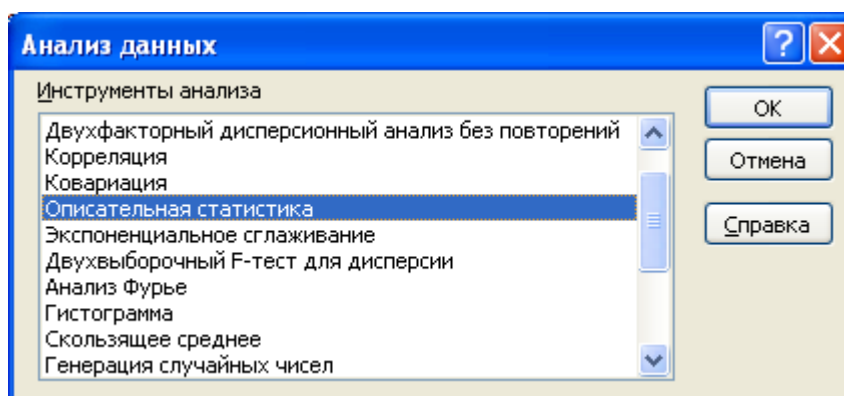


Рисунок 3.44 – Запуск инструмента «Описательная статистика»

В появившемся диалоговом окне следует указать ссылки на диапазон с входными данными, а также область рабочего листа, куда следует поместить результаты.

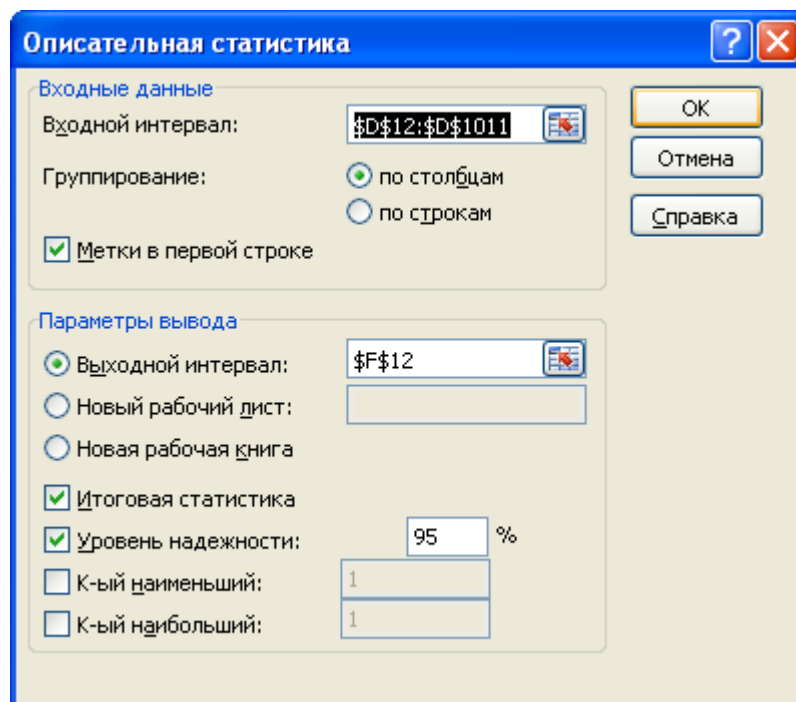


Рисунок 3.45 – Определение входных параметров

В результате проведения серии экспериментов будет получено эмпирическое распределение значений стохастических переменных, на основании которых следует рассчитать показатель эффективности инвестиционного проекта для каждого сценария и провести экономико-статистический анализ результатов имитационного моделирования, рассчитать:

- среднее значение;
- среднеквадратическое отклонение;
- дисперсию;
- минимальное и максимальное значение;
- размах колебаний;
- коэффициент асимметрии;
- эксцесс.

Коэффициент асимметрии рассчитывается по формуле:

$$K_{as} = \frac{\bar{X} - M_o}{\sigma}, \quad (3.35)$$

где \bar{X} - среднее ожидаемое значение;

M_o - мода;

σ - среднеквадратическое отклонение.

Коэффициент асимметрии показывает, каким является распределение - право- или левосторонним. Если $K_{as} > 0$, то асимметрия правосторонняя, то есть $\overline{X} > M_0$. Экономический смысл данного показателя заключается в том, при положительном значении коэффициента асимметрии, то есть правостороннем распределении, получение NPV высокого уровня является более вероятным, чем низкого.

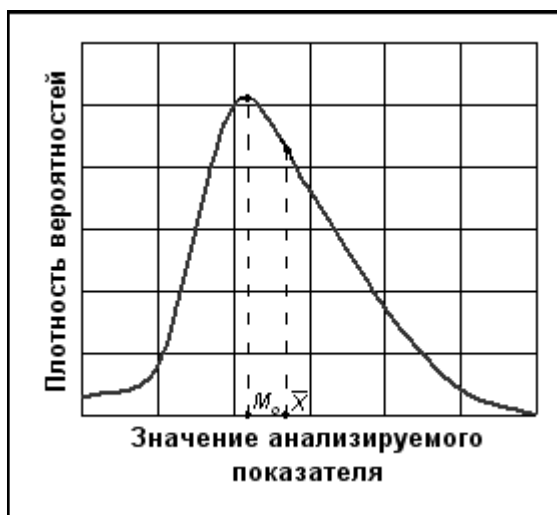


Рисунок 3.46 - График плотности распределения вероятностей с правосторонней асимметрией

Кроме того, данный показатель может быть использован для проверки гипотезы о нормальном распределении случайной величины. В этом случае его значение равно нулю.

Вершина кривой распределения характеризуется эксцессом, который показывает, является ли эта вершина более острой или более полой относительно вершины кривой нормального закона распределения.

Экономический смысл эксцесса применительно к рассматриваемой задаче можно интерпретировать следующим образом: если два инвестиционных проекта характеризуются симметричным распределением чистой текущей стоимости и имеют одинаковые средние результирующего показателя, то менее рискованым считается проект с большим значением эксцесса. Для повышения наглядности и упрощения интерпретации целесообразно построить гистограмму.

Указанные выше показатели используются для проверки гипотезы о нормальном распределении. В случае подтверждения гипотезы для оценки риска может быть использовано правило «трех сигм».

Правило «трех сигм» гласит, что если случайная величина X подчинена нормальному закону распределения с параметрами \overline{X} и σ , то практически достоверно, что её значения заключены в интервале $\overline{X} - 3\sigma; \overline{X} + 3\sigma$, то есть $P\left\{|\overline{X} - X| \leq 3\sigma\right\} \approx 1$.

Для получения качественной характеристики уровня риска инвестиционного проекта может быть использована следующая шкала (см. таблицу 3.6).

Таблица 3.6 - Шкала определения уровня риска

Интервал значений X	Качественная характеристика уровня риска инвестиционного проекта
до 25 %	низкий риск
25 % - 50 %	средний риск
50 % - 75 %	высокий риск
более 75 %	очень высокий риск

Расчет величины X осуществляется по следующей формуле:

$$X = \frac{3\sigma \cdot 100 \%}{NPV}, \quad (3.36)$$

где NPV - чистая текущая стоимость базового сценария ИП;
 σ - среднеквадратическое отклонение.

К недостаткам метода имитационного моделирования можно отнести трудность понимания и восприятия менеджерами имитационных моделей, учитывающих большое число внешних и внутренних факторов, вследствие их математической сложности и объемности. При разработке моделей может возникнуть необходимость привлечения специалистов или научных консультантов со стороны. Несмотря на отмеченные недостатки, в настоящее время имитационное моделирование является основой для принятия решений в сфере бизнеса.

3.4.3 Метод анализа сценариев

Метод анализа сценариев рекомендован официальными методическими документами по оценке экономической эффективности инвестиционных проектов в качестве обязательного при составлении технико-экономического обоснования инвестиционных проектов, по которым предполагается государственное или муниципальное финансирование. Он представляет собой развитие метода анализа чувствительности инвестиционного проекта. Метод может быть реализован в результате выполнения следующей последовательности действий:

1. Определяется несколько вариантов изменения набора значений факторных переменных. Как правило, составляется не менее трех сценариев (оптимистический, наиболее вероятный, пессимистический).

2. Экспертным путем определяется вероятность реализации каждого сценария.

3. Для каждого сценария рассчитывается значение показателя экономической эффективности (NPV).

4. Рассчитывается среднее значение NPV, среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации (см. формулы 3.37-3.39).

$$\overline{NPV} = \sum_{i=1}^n NPV_i \cdot P_i, \quad (3.37)$$

где NPV_i - значение чистой текущей стоимости i -ого сценария;

P_i - вероятность реализации i -ого сценария;

n – количество сценариев.

Среднее квадратическое отклонение определяется по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n (NPV_i - \overline{NPV})^2 \cdot p_i}, \quad (3.38)$$

где NPV_i - значение чистой текущей стоимости i -ого сценария;

P_i - вероятность реализации i -ого сценария;

n – количество сценариев.

Коэффициент вариации рассчитывается по формуле:

$$V = \frac{\sigma}{\overline{NPV}} \cdot 100. \quad (3.39)$$

Чем выше значение коэффициента вариации, тем более рискованным является проект. Для получения качественной оценки уровня риска может быть использована следующая шкала (см. таблицу 3.7)

Таблица 3.7 - Шкала качественной оценки риска инвестиционного проекта

Значение коэффициента вариации, %	Колеблемость	Уровень риска
до 10	Слабая	низкий
10-25	Умеренная	средний
более 25	Высокая	высокий

Рассмотрим реализацию данного метода на примере.

Пример

Оценить риск инвестиционного проекта с помощью метода анализа сценариев. В качестве наиболее вероятного сценария реализации проекта принять прогноз денежных потоков, представленный в табл.3.8

Таблица 3.8 – Исходные данные

Год	Чистый поток денежных средств (NCF), тыс. руб.
1	450
2	970
3	1550
4	2940

Инвестиции в проект осуществляются одновременно и составляют 2800 тыс. руб. Ставку дисконтирования принять равной 15%. Специалисты отдела маркетинга оценивают вероятность его реализации как высокую (50%). Ожидается, что при благоприятном развитии рыночной конъюнктуры чистый поток денежных средств (NCF) на 25% превысит ожидаемые значения, а при неблагоприятном – составит 70% от базового прогноза. Экстремальные оценки являются равновероятными.

Решение

Для оценки риска инвестиционного проекта методом анализа сценариев, прежде всего, необходимо выполнить расчет чистой текущей стоимости базового сценария (NPV). Подставляя соответствующие значения в расчетную формулу, получим:

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{NCF_t}{(1+R)^t} - I_0 = \frac{450}{(1+0,15)^1} + \frac{970}{(1+0,15)^2} + \frac{1550}{(1+0,15)^3} + \frac{2940}{(1+0,15)^4} - 2800 = 1024,87 \text{ т.р.}$$

Положительное значение NPV свидетельствует о целесообразности принятия решения о финансировании проекта.

$$PI = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{NCF_t}{(1+R)^t}}{I_0} = \frac{\frac{450}{(1+0,15)^1} + \frac{970}{(1+0,15)^2} + \frac{1550}{(1+0,15)^3} + \frac{2940}{(1+0,15)^4}}{2800} = 1,37$$

т.к. $PI > 1$, то проект считается экономически эффективным.

Для расчета IRR определим NPV проекта при норме дисконта равной 35%.

$NPV (r = 0,35) = - 419,30 \text{ т.р.}$

$$IRR = R_1 - \frac{NPV(R_1) \cdot (R_2 - R_1)}{NPV(R_2) - NPV(R_1)} = 0,15 - \frac{1024,87 \cdot (0,35 - 0,15)}{-419,30 - 1024,87} = 17,13\%$$

Расчет срока окупаемости

Необходимо определить 2 момента времени:

t1 - момент времени, когда $NPV < 0$,

t2 – момент времени, когда $NPV > 0$.

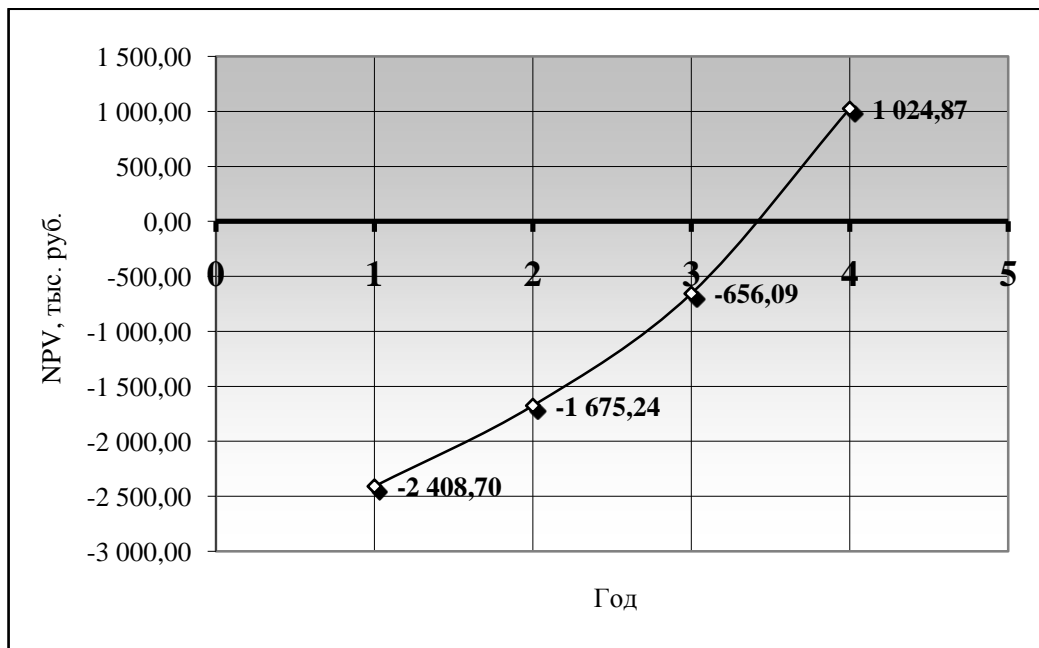


Рисунок 3.47 – Динамика NPV

$$DPBP = t_1 + \frac{|NPV_1| \cdot (t_2 - t_1)}{NPV_2 + |NPV_1|} = 3 + \frac{656,09 \cdot (4 - 3)}{1024,87 + 656,09} = 3,39 \text{ (3 года и 4,5 мес.)}$$

Таким образом, рассчитанные значения показателей для базового сценария позволяют сделать вывод о его экономической эффективности.

Далее в соответствии с представленными в условии задачи экспертными оценками необходимо определить чистый денежный поток для пессимистического и оптимистического сценариев.

Таблица 3.9 - Расчет чистого потока денежных средства для пессимистического и оптимистического сценариев

Наименование сценария	Чистый поток денежных средств (NCF), тыс.руб.			
	1 год	2 год	3 год	4 год
1. Оптимистический	450*1,25=562,5	1212,5	1937,5	3675
2. Наиболее вероятный	450	970	1 550	2 940
3. Пессимистический	450*0,7=315	679	1085	2058

Результаты расчета NPV для каждого из сценариев представлены в табл.3.10.

Таблица 3.10 – Результаты расчетов по сценариям

Сценарий	Вероятность	NPV
Оптимистический	0,25	1981,09
Наиболее вероятный	0,5	1024,87
Пессимистический	0,25	-122,59

Для количественной оценки риска инвестиционного проекта рассчитаны среднее значение, среднеквадратическое отклонение и коэффициент вариации.

$$\overline{NPV} = \sum_{i=1}^n NPV_i \cdot P_i = 0,25 \cdot 1981,09 + 0,5 \cdot 1024,87 + 0,25 \cdot (-122,59) = 977,06 \text{ т.р.}$$

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n (NPV_i - \overline{NPV})^2 \cdot P_i =}$$

$$\sigma = \sqrt{(1981,09 - 977,06)^2 \cdot 0,25 + (1024,87 - 977,06)^2 \cdot 0,5 + (-122,59 - 977,06)^2 \cdot 0,25} =$$

$$= 745,3 \text{ тыс.руб.}$$

$$V = \frac{\sigma}{\overline{NPV}} \cdot 100 = \frac{745,3}{977,06} \cdot 100 = 76,28\%$$

Полученное значение коэффициента вариации позволяет сделать вывод о высоком уровне риска инвестиционного проекта. Для упрощения представленных выше расчетов может быть сформирован блок вспомогательных ячеек в MS Excel:

	A	B	C	D	E
1					
2	Сценарий	Вероятность	NPV	$(NPV_i - \overline{NPV})^2$	
3	Оптимистический	0.25			
4	Наиболее вероятный	0.5			
5	Пессимистический	0.25			
6					
7	Среднее значение	=B3*C3+B4*C4+B5*C5			
8	СКО	=КОРЕНЬ(D3*B3+D4*B4+D5*B5)			
9	Коэффициент вариации	=B8/B7			
10					

Рисунок 3.48 – Ввод динамических связей

3.5 Задания для самостоятельного выполнения

Задача №3.1

Инвестиционным проектом предусмотрена замена морально устаревшего технологического оборудования на новое стоимостью 200 тыс. руб. Прогноз чистого потока денежных средств по годам проектного периода представлен в таблице 3.11:

Таблица 3.11 – Прогноз чистого потока денежных средств

Наименование показателя	Год				
	1	2	3	4	5
NCF, тыс.руб.	15	35	50	60	80

Необходимо рассчитать простой срок окупаемости.

Задача №3.2

Первоначальные затраты на приобретение оборудования составляют 25 млн. руб. Руководство фирмы считает затраты оправданными, если они окупятся в течение 6 лет. Прибыль до налогообложения от данного мероприятия в каждом году прогнозируется равной 5 млн. руб., годовые амортизационные отчисления 3 млн.руб. Необходимо определить простой срок окупаемости.

Задача №3.3

Организация приобретает новую технику за 420 000 руб. Затраты на монтаж составляют 35 000 руб. Ожидаемая чистая прибыль по годам проектного периода представлена в таблице 3.12

Таблица 3.12 – Прогноз чистой прибыли

Год	Чистая прибыль, руб.
1	73 200
2	104 800
3	135 400
4	160 540
5	170 000

Норма амортизации составляет 20 %. Необходимо рассчитать простой срок окупаемости.

Задача №3.4

Выполнить оценку экономической эффективности инвестиционного проекта на основе динамических показателей по следующим исходным данным:

Таблица 3.13 – Прогноз чистого потока денежных средств

Год	Чистый поток денежных средств (NCF), тыс. руб.
1	740
2	2150
3	3940
4	4250

Инвестиции в проект осуществляются одновременно в сумме 4500 тыс. руб. Ставку дисконтирования принять равной 25%. Рассчитать чистую текущую стоимость, индекс доходности, внутреннюю норму доходности, динамический срок окупаемости.

Задача №3.5

Разработать динамическую модель оценки стоимости опциона на расширение масштаба проекта, реализующую модель Блека-Шоулза в соответствии со следующими исходными данными:

- текущая стоимость денежных потоков от расширения масштаба проекта составляет 1,5 млн.руб.;
- волатильность денежных потоков прогнозируется на уровне 45%;
- инвестиции, необходимые для расширения масштаба проекта составляют 600 тыс.руб.;
- безрисковую ставку принять равной 5%.

Задача №3.6

Разработать динамическую модель оценки стоимости опциона переключения на другую технологию, используя подход Блека-Шоулза в соответствии со следующими исходными данными:

- текущая стоимость денежных потоков от переключения проекта составляет 3,5 млн.руб.;
- волатильность денежных потоков прогнозируется на уровне 95%;
- необходимый объем инвестиций составляет 900 тыс.руб.;
- безрисковую ставку принять равной 5%.

Задача №3.7

Разработать динамическую модель оценки стоимости реального опциона на расширение масштаба проекта, используя биномиальный подход в соответствии со следующими исходными данными:

- текущая стоимость денежных потоков 2500 тыс.руб.;
- волатильность денежных потоков прогнозируется на уровне 35%;
- цена исполнения опциона (сумма необходимых инвестиций) составляет 500 тыс.руб.;
- безрисковую ставку принять равной 5%;
- срок исполнения опциона равен 5 годам;
- время шага равно 1 году.

ГЛАВА 4 МЕТОДЫ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Применение математических методов и моделей является важным направлением совершенствования планирования и анализа деятельности организации. Менеджмент компании ежедневно сталкивается с необходимостью принятия управленческих решений, каждое из которых в большей или меньшей степени влияет на эффективность ее функционирования. Любое управленческое решение будь то решение о количестве приобретаемого сырья, или решение в области тарифной политики, или решение о подаче рекламы в СМИ в итоге отражается на финансовом состоянии организации. Представление данных в виде математической модели позволяет лучше анализировать информацию и принимать оптимальные управленческие решения. Программирование в экономике и управлении можно представить как процесс распределения ресурсов. Существует ряд различных методов, основанных на идеях математического программирования, однако, наиболее широкое применение нашли методы линейного программирования.

Под методами линейного программирования понимаются программы (последовательности) математических действий, позволяющие отыскать оптимальные решения экономических задач, условия которых выражены в виде системы линейных уравнений и неравенств, подчиненных конкретной целевой функции. Постановку задачи методом линейного программирования можно представить следующим образом:

Имеются переменные x_1, x_2, \dots, x_n и некоторая функция Z , зависящая от этих переменных: $Z=f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, которая называется целевой функцией. Ставится задача найти максимум или минимум целевой функции Z при условии, что переменные x принадлежат некоторой области, имеющей ограничения. Таким образом, модель линейного программирования состоит из двух частей:

- 1) системы ограничений;
- 2) целевой функции.

В общем виде выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \dots + a_{1n}x_n \leq (\geq, =)b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + \dots + a_{2n}x_n \leq (\geq, =)b_2 \\ \dots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + a_{m3}x_3 + \dots + a_{mn}x_n \leq (\geq, =)b_m \\ x_j \geq 0, j = \overline{1:n} \\ z = c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + \dots + c_nx_n \rightarrow \min(\max) \end{cases}$$

Задача состоит в отыскании неизвестных x_1, x_2, \dots, x_n минимизирующих или максимизирующих значение целевой функции. Различают два вида решений: допустимое и оптимальное.

Допустимое решение – это значения переменных x_1, x_2, \dots, x_n удовлетворяющих ограничениям задачи.

Оптимальное решение – это значения переменных x_1, x_2, \dots, x_n , при которых целевая функция принимает свое экстремальное значение (min/max).

Основные этапы решения задач линейного программирования:

1. Постановка задачи и обоснование критерия оптимальности.
2. Выбор базовой модели.

В линейном программировании имеется две основные базовые модели:

- модель симплексного метода;
- модель распределительного метода (или транспортной задачи).

3. Построение развернутой матрицы.

4.1 Симплексный метод линейного программирования

Решение задачи линейного программирования симплексным методом предполагает выполнение следующей последовательности действий:

Этап 1 - Переход к канонической форме записи

Задача представлена в канонической форме записи, если выполняются следующие условия:

- все переменные являются неотрицательными;
- ограничениями являются уравнения;
- целевая функция стремится к максимуму.

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \dots + a_{1n}x_n = b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + \dots + a_{2n}x_n = b_2 \\ \dots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + a_{m3}x_3 + \dots + a_{mn}x_n = b_m \\ x_j \geq 0, j = \overline{1:n} \end{cases}$$

$$z = c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + \dots + c_nx_n \rightarrow \max$$

Переход к канонической форме осуществляется с помощью следующих действий:

- если требуется найти min функции, то проводится замена z на $(-z)$ и переход к задаче максимизации;
- если ограничение содержит неравенство со знаком \leq , то в левую часть уравнения добавляют дополнительную неотрицательную переменную;
- если ограничение содержит неравенство со знаком \geq , то из левой части уравнения вычитают дополнительную неотрицательную переменную;

- если в задаче какая-либо из переменных произвольна, то от нее избавляются, заменяя ее разностью двух других неотрицательных переменных;
- в целевую функцию дополнительные переменные вводятся с нулевыми коэффициентами.

Пример 1:

Записать задачу в канонической форме

$$\begin{cases} 7x_1 + 5x_2 - x_3 \leq 10 \\ x_1 + 2x_3 \leq 7 \\ -2x_1 + 8x_2 \leq 20 \\ x_1, x_2, x_3 \geq 0 \end{cases}$$

$$z = 5x_1 - 2x_2 + 3x_3 \rightarrow \max$$

Решение:

$$\begin{cases} 7x_1 + 5x_2 - x_3 + x_4 = 10 \\ x_1 + 2x_3 + x_5 = 7 \\ -2x_1 + 8x_2 + x_6 = 20 \\ x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6 \geq 0, \end{cases}$$

$$z = 5x_1 - 2x_2 + 3x_3 + 0x_4 + 0x_5 + 0x_6 \rightarrow \max$$

Этап 2 - Составление симплексной таблицы, поиск начального решения системы (опорного плана)

Любое решение задачи линейного программирования называется опорным планом. Симплексная таблица имеет вид:

Таблица 4.1 – Симплексная таблица

C _i	Базисные переменные	Свободные члены	Коэффициенты при свободных переменных в целевой функции			
			c ₁	c ₂	...	c _n
			Свободные переменные			
			x ₁	x ₂	...	x _n
c ₁	x ₁	b ₁	a ₁₁	a ₁₂	...	a _{1n}
c ₂	x ₂	b ₂	a ₂₁	a ₂₂	...	a _{2n}

c _m	x _m	b _m	a _{m1}	a _{m2}	...	a _n
	z-c _i	0	-c ₁	-c ₂	...	-c _n

Коэффициенты при базисных переменных в целевой функции

Базисной называется переменная, входящая в одно из уравнений системы ограничений с коэффициентом равным 1, в остальные уравнения – с нулевым коэффициентом. Переменные, для которых указанное условие не выполняется, называются свободными. Все базисные переменные полагаются равными правым частям системы ограничений, а свободные переменные – нулю. Таким образом, начальное решение задачи линейного программирования имеет следующий вид:

$$X_0 = (x_1 = b_1; x_2 = b_2; \dots; x_m = b_m; x_{m+1} = 0; x_n = 0)$$

Для исходной симплексной таблицы итоговая строка представляет собой результат вычитания из нуля коэффициентов перед свободными переменными целевой функции.

Порядок составления первой симплексной таблицы рассмотрим на примере, где требуется максимизировать функцию Z:

$$\begin{cases} x_1 + 3x_2 \leq 24 \\ 2x_1 + x_2 \leq 16 \\ 4x_1 \leq 36 \end{cases}$$

$$z = 3x_1 + 2x_2 \rightarrow \max$$

1. Переход к равенствам

С этой целью в левую часть первого неравенства добавим неотрицательное неизвестное x_3 , во второе неравенство - x_4 , в третье - x_5 .

Получим:

$$\begin{cases} x_1 + 3x_2 + x_3 = 24 \\ 2x_1 + x_2 + x_4 = 16 \\ 4x_1 + x_5 = 36 \end{cases}$$

$$z = 3x_1 + 2x_2 + 0x_3 + 0x_4 + 0x_5 \rightarrow \max$$

2. Заполнение симплексной таблицы

Таблица 4.2 – Заполнение симплексной таблицы

C _i	Базисные переменные	Свободные члены	3	2
			X ₁	X ₂
0	X ₃	24	1	3
0	X ₄	16	2	1
0	X ₅	36	4	0
Итоговая строка	z-c _j	0	-3	-2

Для нашего примера значения итоговой строки будут равны:

Для столбца x_1 : $(1*0+2*0+4*0)-3=-3$

Для столбца x_2 : $(3*0+1*0+0*0)-2=-2$

Этап 3 - Проверка решения на оптимальность

Для проверки решения на оптимальность просматривается последняя строка симплексной таблицы. Для задачи на максимум критерием неоптимальности является наличие отрицательных значений в итоговой строке симплексной таблицы. Это означает, что полученное решение может быть улучшено.

Этап 4 - Получение нового решения

Переход к новому решению осуществляется путем замены определенной базисной переменной некоторой свободной переменной. Поиск нового решения выполняется в три этапа:

4.1 Выбор ключевого столбца

Для этого среди отрицательных элементов итоговой строки симплексной таблицы выбираем максимальный по абсолютному значению отрицательный элемент. Столбец, в котором находится этот элемент, называется ключевым или разрешающим. Ввод переменной в список базисных переменных означает, что ей приписывается отличное от нуля положительное значение.

Если в целевой функции имеются переменные со знаком минус, (например, $z = 5x_1 - 2x_2 + 3x_3 + 0x_4 + 0x_5 + 0x_6 \rightarrow \max$), то вводить такие переменные в список базисных (x_2) бессмысленно, так как увеличение значения данной переменной приведет к уменьшению целевой функции. Увеличение значений переменных x_1 и x_3 приведет к увеличению целевой функции, причем наибольший прирост будет достигнут при увеличении значения x_1 . Вернемся к рассматриваемому примеру.

Таблица 4.3 – Заполнение симплексной таблицы

C_i	Базисные переменные	Свободные члены	3	2
			X_1	X_2
0	X_3	24	1	3
0	X_4	16	2	1
0	X_5	36	4	0
Итоговая строка	$z-c_j$	0	-3	-2

Мы стремимся максимизировать целевую функцию, а в итоговой строке есть отрицательные значения, следовательно, наше решение не является оптимальным. Ключевым является столбец, которому соответствует наибольшее по абсолютному значению отрицательное число в итоговой строке симплексной таблице. В нашем примере таким столбцом является x_1 .

4.2 Выбор ключевой строки

Для определения ключевой строки необходимо найти отношение элементов столбца свободных членов к элементам разрешающего столбца. Среди этих отношений находят минимальное (\min). При делении на отрицательный элемент и на ноль результат полагается равным $+\infty$. Строка, соответствующая минимальному отношению, называется разрешающей.

Элемент, стоящий на пересечении разрешающего столбца и разрешающей строки называется разрешающим (или ключевым) элементом.

$$\min \left\{ \frac{24}{1}; \frac{16}{2}; \frac{36}{4} \right\} = \min \{ 24; 8; 9 \} = 8$$

Таким образом, в рассматриваемом примере ключевой является вторая строка (x_4). Для удобства выделим клетку, в которой находится ключевой элемент (см. табл. 4.4)

Таблица 4.4 – Заполнение симплексной таблицы

C_i	Базисные переменные	Свободные члены	3	2
			X_1	X_2
0	X_3	24	1	3
0	X_4	16	2	1
0	X_5	36	4	0
Итоговая строка	$z-c_j$	0	-3	-2

4.3 Выполнение симплексного преобразования и переход к новой симплексной таблице.

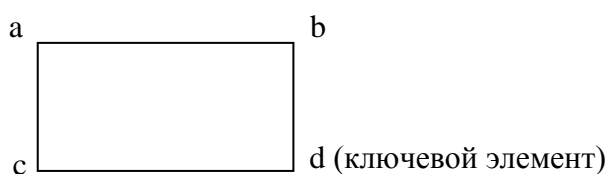
- 1) базисную и свободную переменные, соответствующие разрешающему элементу меняем местами;
- 2) на месте разрешающего элемента пишем обратный (например, было 2 стало $\frac{1}{2}$);
- 3) остальные элементы разрешающей строки получаются делением соответствующих элементов первой таблицы на ключевой элемент;
- 4) элементы разрешающего столбца определяются путем деления соответствующих элементов 1-ой таблицы на ключевой элемент при этом знак изменяется на противоположный.
- 5) остальные элементы новой таблицы определяются по правилу прямоугольника, что можно представить в виде следующей формулы:

Таблица 4.5 – Выполнение симплексного преобразования

C _i	Базисные переменные	Свободные члены	0	2
			X ₄	X ₂
0	X ₃	$24 - \frac{16 \cdot 1}{2} = 16$	$-\frac{1}{2} = -0,5$	$3 - \frac{1 \cdot 1}{2} = 2,5$
3	X ₁	$\frac{16}{2} = 8$	$\frac{1}{2} = 0,5$	$\frac{1}{2} = 0,5$
0	X ₅	$36 - \frac{16 \cdot 4}{2} = 4$	$-\frac{4}{2} = -2$	$0 - \frac{4 \cdot 1}{2} = -2$
	z-c _j	$0 - \frac{16 \cdot \leftarrow 3}{2} = 24$	$+\frac{3}{2} = +1,5$	$\leftarrow 2 \cdot \frac{1 \cdot \leftarrow 3}{2} = -0,5$

Таблица 4.6 - Результаты симплексного преобразования

C _i	Базисные переменные	Свободные члены	0	2
			X ₄	X ₂
0	X ₃	16	-0,5	2,5
3	X ₁	8	0,5	0,5
0	X ₅	4	-2	-2
	z-c _j	24	+1,5	-0,5



$$a' = a - \frac{b \cdot c}{d}$$

Этап 5 - Проверка оптимальности

В итоговой строке симплексной таблицы есть отрицательный элемент (-0,5) при неизвестном x_2 , таким образом, полученный план не является оптимальным. Для получения другого варианта необходимо провести итерацию.

Этап 6 - Проведение итерации

Определяем ключевой столбец (x_2). Для определения ключевой строки выполним расчет: $\min \left\{ \frac{16}{2,5}; \frac{8}{0,5} \right\} = \min \{ 6,4; 16 \} = 6,4$

Следовательно, ключевой является строка x_3 . Выполним симплексное преобразование и проверку оптимальности в соответствии с приведенными выше правилами.

C_i	Базисные переменные	Свободные члены	0	0
			X_4	X_3
2	X_2	6,4	-0,2	0,4
3	X_1	4,8	0,6	-0,2
0	X_5	16,8	-2,4	0,8
	$z-c_j$	27,2	1,4	0,2

Таблица 4.7 – Результаты итерации

Таким образом, $x_1=4,8$ $x_2=6,4$. Для выполнения проверки, необходимо полученные значения x_1 и x_2 подставить в целевую функцию: $z = 3x_1 + 2x_2 = 3 \cdot 4,8 + 2 \cdot 6,4 = 27,2$

Совпадение результатов подтверждает правильность полученного решения. Для сокращения времени выполнения расчетов и исключения возможности возникновения случайных ошибок могут быть использованы средства MS Excel.

4.1.1 Реализация симплексного метода в MS Excel

Производственное предприятие выпускает 2 вида продукции: А и В. Трудозатраты на производство 1 т продукции А составляют 20 часов, а продукции В – 10 часов. На предприятии работают 10 рабочих по 40 часов в неделю. Оборудование позволяет производить в неделю не более 15 т продукции А и 30 т продукции В. Прибыль от реализации 1 т продукции А составляет 50 ден.ед, а 1 т продукции В – 40 ден.ед. Сколько продукции каждого вида следует выпускать для получения максимальной прибыли?

Решение

Введем обозначения:

x_1 – объем производства продукции А;

x_2 – объем производства продукции В.

Это переменные модели, значения которых нужно определить. Прибыль от реализации продукции будет выражаться целевой функцией. При составлении плана выпуска необходимо учитывать, что нельзя затратить ресурсов больше, чем имеется в наличии. Т.е. имеется четыре ограничения:

- 1 – по объему рабочего времени;
- 2 – по мощности оборудования на производство продукции А;
- 3 – по мощности оборудования на производство продукции В;
- 4 – условие неотрицательности переменных.

Составим систему ограничений:

$$\begin{cases} 20x_1 + 10x_2 \leq 400 \\ x_1 \leq 15 \\ x_2 \leq 30 \\ x_1, x_2 \geq 0 \end{cases}$$

$$z = 50x_1 + 40x_2 \rightarrow \max$$

Решим задачу с помощью инструмента «ПОИСК РЕШЕНИЯ» электронных таблиц MS Excel. Составим экономико-математическую модель задачи:

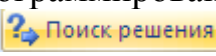
	А	В	С	Д	Е	Ф
1		x1	x2			
2						
3	Кэф-ты в Z	50	40	0	max	
4						
5						
6						
7		x1	x2	зависимость	знак	
8	Ограничение 1	20	10	=B8*\$B\$2+C8*	<=	400
9	Ограничение 2	1	0	0	<=	15
10	Ограничение 3	0	1	0	<=	30

Рисунок 4.1 – Шаблон динамической модели

Для активизации инструмента **Поиск решения** необходимо нажать на



многофункциональную кнопку MS Office 2007, а затем «Параметры MS Excel». В появившемся диалоговом окне выбрать пункт «Настройки» / «Поиск решения» / «Перейти» и установить флажок напротив инструмента «Поиск решения».

Для решения задачи линейного программирования следует открыть вкладку **ДААННЫЕ** и нажать пиктограмму . При этом на экране появится окно надстройки «ПОИСК РЕШЕНИЯ», в котором необходимо

установить ссылку на ячейку целевой функции, указать и указать, к чему стремится целевая функция (max/min).

	A	B	C	D	E	F	G
1		x1	x2				
2							
3	Коеф-ты в Z	50	40	0	max		
4							
5							
6							
7		x1	x2	зависимость	знак		
8	Ограничение 1	20	10	0	<=	400	
9	Ограничение 2	1	0	0	<=	15	
10	Ограничение 3	0	1	0	<=	30	

Рисунок 4.2 – Ввод ограничений (шаг 1)

Для добавления ограничений необходимо щелкнуть кнопку ДОБАВИТЬ. После этого на экране появится следующее диалоговое окно (см.рис.4.3), в котором следует указать ссылки на соответствующие диапазоны ячеек.

Рисунок 4.3 – Ввод ограничений (шаг 2)

По окончании нажать кнопку ОК. При этом окно примет вид:

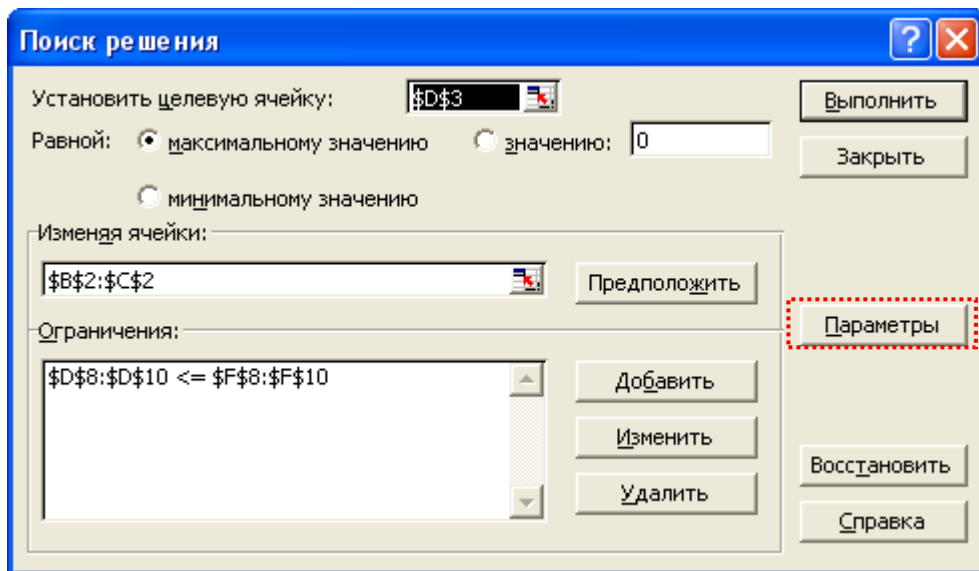


Рисунок 4.4 – Определение параметров

Для задания условия неотрицательности переменных необходимо щелкнуть кнопку «ПАРАМЕТРЫ». При этом в появившемся окне необходимо установить флажок в поле «неотрицательные переменные»:

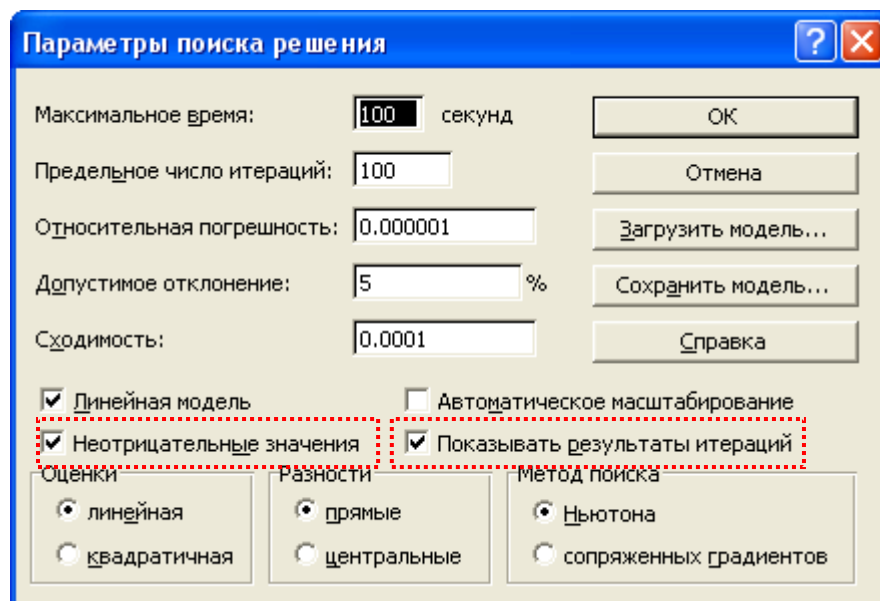


Рисунок 4.5 – Настройка параметров

При установке флажка «Показывать результаты итераций» будут поочередно показываться найденные решения и соответствующие им значения целевой функции:

	A	B	C	D	E	F
1		x1	x2			
2		15	0			
3	Кэф-ты в Z	50	40	750	max	
4						
5						
6						
7		x1	x2	зависимость	знак	
8	Ограничение 1	20	10	300	<=	400
9	Ограничение 2	1	0	15	<=	15
10	Ограничение 3	0	1	0	<=	30

Рисунок 4.6 – Итерация 1

	A	B	C	D	E	F
1		x1	x2			
2		15	10			
3	Кэф-ты в Z	50	40	1150	max	
4						
5						
6						
7		x1	x2	зависимость	знак	
8	Ограничение 1	20	10	400	<=	400
9	Ограничение 2	1	0	15	<=	15
10	Ограничение 3	0	1	10	<=	30

Рисунок 4.7 – Итерация 2

	A	B	C	D	E	F
1		x1	x2			
2		5	30			
3	Кэф-ты в Z	50	40	1450	max	
4						
5						
6						
7		x1	x2	зависимость	знак	
8	Ограничение 1	20	10	400	<=	400
9	Ограничение 2	1	0	5	<=	15
10	Ограничение 3	0	1	30	<=	30

Рисунок 4.8 – Итерация 3

Ответ: $x_1=5$, $x_2=30$, Прибыль = 1450 ден.ед.

4.2 Транспортная задача линейного программирования

Транспортной задачей называется разновидность задач линейного программирования, общая постановка которой такова: имеется m пунктов отправления $A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_m$ с объемами производства $Q_1, Q_2, \dots, Q_i, \dots, Q_m$ и n пунктов назначения $B_1, B_2, \dots, B_j, \dots, B_n$ с объемами потребления $q_1, q_2, \dots, q_j, \dots, q_n$. Обозначим через i номер пункта отправления ($i=1:m$). Обозначим через j номер пункта назначения ($j=1:n$). Тариф на перевозку единицы груза из i -ого

сырье может завозиться от любого поставщика. Тарифы на перевозку сырья представлены в табл.4.9

Таблица 4.9 - Тарифы на перевозку сырья

		Потребители сырья (предприятия)			
Поставщики сырья		1	2	3	4
	1	7	8	1	2
	2	4	5	9	8
	3	9	2	3	6

Требуется составить план перевозок, при котором стоимость перевозок минимальна.

Решение

Транспортная модель представлена в табл.4.10.

Таблица 4.10 - Транспортная модель

		Потребители сырья (предприятия) (j)				Возможности пунктов отправления (предложение)
		1	2	3	4	
Пункты отправления сырья (i)	1	7	8	1	2	160
	2	4	5	9	8	140
	3	9	2	3	6	170
	Потребности пунктов назначения (спрос)	120	50	190	110	470=470

Т.к. суммарные запасы поставщиков равны суммарным объемам потребления, то следовательно, задача относится к закрытому типу.

Алгоритм решения транспортной задачи закрытого типа

Этап 1 - Составление исходного плана

Существует 2 способа составления исходного плана.

1. Способ «северо-западного угла»

При использовании этого способа прикрепление к пунктам отправления проводится без учета затрат на перевозку. Заполнение клеток начинается с верхней левой клетки.

Если Q_1 (предложение) $>$ q_1 (спрос), то мы можем удовлетворить спрос первого пункта назначения за счет первого пункта отправления. Если Q_1 (предложение) $<$ q_1 (спрос), то в данную клетку ставим поставку в объеме Q_1 и переходим в \downarrow (клетку 2-1). На каждом шаге выполняется переход в соседнюю клетку вниз и вправо. Заполненные клетки образуют ступенчатую фигуру, начинающуюся в верхнем левом углу и заканчивающуюся в правом нижнем.

Таблица 4.11 – Исходные данные

		Потребители сырья (предприятия) (j)				Возможности пунктов отправления (предложение)
		1	2	3	4	
Пункты отправления сырья (i)	1	7	8	1	2	160
	2	4	5	9	8	140
	3	9	2	3	6	170
	Потребности пунктов назначения (спрос)	120	50	190	110	470=470

Рассмотрим на примере клетки 1-1. Спрос первого предприятия на сырье равен 120 усл.ед., предложение первого поставщика составляет 160 усл.ед. Следовательно, мы можем удовлетворить спрос 1-ого пункта потребления за счет первого поставщика. В клетку 1-1 заносится поставка 120 усл.ед., объемы спроса и предложения корректируются.

Таблица 4.12 – Составление плана методом северо-западного угла (шаг 1)

		Потребители сырья (предприятия) (j)				Возможности пунктов отправления (предложение)
		1	2	3	4	
Пункты отправления сырья (i)	1	7 120	8	1	2	160 , 40
	2	4	5	9	8	140
	3	9	2	3	6	170
	Потребности пунктов назначения (спрос)	120 0	50	190	110	470=470

Переходим в клетку 1-2 (→). Спрос второго предприятия = 50 усл.ед., а предложение первого поставщика = 40 усл.ед. Т.е. мы не можем полностью удовлетворить спрос второго предприятия за счет первого поставщика. В клетку 1-2 пишем поставку 40 усл.ед. и перемещаемся в нижнюю клетку ↓ (т.е. идем ко второму поставщику).

Таблица 4.13 – Составление плана методом северо-западного угла (шаг 2)

		Потребители сырья (предприятия) (j)				Возможности пунктов отправления (предложение)
		1	2	3	4	
Пункты отправления сырья (i)	1	7 120	8 40	1	2	160 , 40, 0
	2	4	5	9	8	140
	3	9	2	3	6	170
	Потребности пунктов назначения (спрос)	120 0	50 10	190	110	470=470

Спрос равен 10 усл.ед., предложение – 140 усл.ед. В клетку 2-2 заносим поставку 10 усл.ед. В итоге спрос второго предприятия полностью удовлетворен. Матрица имеет вид (см. табл.4.14)

Таблица 4.14 - Составление плана методом северо-западного угла (шаг 3)

		Потребители сырья (предприятия) (j)				Возможности пунктов отправления (предложение)
		1	2	3	4	
Пункты отправления сырья (i)	1	7 120	8 40	1	2	160, 40, 0
	2	4	5 10	9	8	140, 130
	3	9	2	3	6	170
	Потребности пунктов назначения (спрос)	120 0	50 10 0	190	110	470=470

Переходим к клетке 2-3. Спрос равен 190 усл.ед., предложение – 130 усл.ед. Т.е. мы не можем полностью удовлетворить спрос третьего предприятия за счет второго поставщика. Поэтому в клетку 2-3 заносим поставку 130 (предложение второго поставщика исчерпано). Неудовлетворенный спрос составит 60 усл.ед. ($190 - 130 = 60$ усл. ед.)

Таблица 4.15 - Составление плана методом северо-западного угла (шаг 4)

		Потребители сырья (предприятия) (j)				Возможности пунктов отправления (предложение)
		1	2	3	4	
Пункты отправления сырья (i)	1	7 120	8 40	1	2	160, 40, 0
	2	4	5 10	9 130	8	140, 130, 0
	3	9	2	3	6	170
	Потребности пунктов назначения (спрос)	120 0	50 10 0	190, 60	110	470=470

Переходим к третьему поставщику (клетка 3-3):
 Неудовлетворенный спрос 3-го предприятия равен 60 усл.ед.
 Предложение третьего поставщика = 170 усл. ед.

В клетку 3-3 заносим поставку 60 усл. ед., тогда предложение 3-го поставщика составит 110 усл.ед. ($170 - 60 = 110$ усл.ед.)

Таблица 4.16 - Составление плана методом северо-западного угла (шаг 5)

		Потребители сырья (предприятия) (j)				Возможности пунктов отправления (предложение)
		1	2	3	4	
Пункты отправления сырья (i)	1	7 120	8 40	1	2	160 , 40, 0
	2	4	5 10	9 130	8	140, 130 , 0
	3	9	2	3 60	6	170 , 110
	Потребности пунктов назначения (спрос)	120 0	50 10 0	190, 60, 0	110	470=470

Клетка 3-4:

Спрос = 110 усл.ед., предложение = 110 усл.ед. В клетку 3-4 заносится поставка 110 усл. ед. Таким образом, исходный план составлен.

Таблица 4.17 - Составление плана методом северо-западного угла (шаг 6)

		Потребители сырья (предприятия) (j)				Возможности пунктов отправления (предложение)
		1	2	3	4	
Пункты отправления сырья (i)	1	7 120	8 40	1	2	160 , 40, 0
	2	4	5 10	9 130	8	140, 130 , 0
	3	9	2	3 60	6 110	170 , 110 , 0
	Потребности пунктов назначения (спрос)	120 0	50 10 0	190, 60, 0	110, 0	470=470

Затраты на перевозку равны:

$$Z = 120 \cdot 7 + 40 \cdot 8 + 10 \cdot 5 + 130 \cdot 9 + 60 \cdot 3 + 110 \cdot 6 = 3220$$

Число занятых клеток должно быть равно: $K = m + n - 1$,

где m – кол-во пунктов отправления,

n – количество пунктов назначения.

Проверка: $K = 3 + 4 - 1 = 6$ (верно).

2. Способ наименьшего элемента в столбце (или метод минимального тарифа).

Суть метода наименьшего элемента в столбце заключается в следующем: среди показателей C_{ij} (тарифы на перевозку) выбирается минимальный и в соответствующую клетку заносится поставка. Если при этом спрос в данном пункте потребления полностью не удовлетворен, то определяется следующий минимальный элемент в данном столбце и так до полного удовлетворения спроса. После этого среди показателей C_{ij} (тарифов на перевозку) других столбцов находится \min элемент и операции повторяются. Способ наименьшего элемента приводит к результату достаточно близкому к оптимальному. Рассмотрим на примере.

В городе N имеется 4 предприятия, использующие для производства продукции некоторое сырье. Спрос на сырье каждого из предприятий составляет, соответственно, 120, 50, 190 и 110 усл.ед. Т.е. первому предприятию необходимо 120 усл.ед. сырья, второму предприятию – 50 усл.ед. и т.д. Предложения поставщиков сырья равны: 160, 140, 170 усл.ед. На каждое предприятие сырье может завозиться от любого поставщика. Тарифы на перевозку сырья представлены в таблице:

Таблица 4.18 – Тарифы на перевозку сырья

		Потребители сырья (предприятия)			
		1	2	3	4
Поставщики сырья	1	7	8	1	2
	2	4	5	9	8
	3	9	2	3	6
	4				

Требуется составить план перевозок, при котором стоимость перевозок минимальна.

Решение

Составляем модель транспортной задачи. В правом верхнем углу клетки указывается тариф на перевозку единицы товара.

Таблица 4.19 – Модель транспортной задачи

		Потребители сырья (предприятия) (j)				Возможности пунктов отправления (предложение)
		1	2	3	4	
Пункты отправления сырья (i)	1	7	8	1	2	160
	2	4	5	9	8	140
	3	9	2	3	6	170
	Потребности пунктов назначения (спрос)	120	50	190	110	470=470

Среди показателей C_{ij} (тарифы на перевозку) выбирается минимальный и в соответствующую клетку заносится поставка.

Минимальный тариф соответствует клетке 1-3 (т.е. дешевле всего доставка сырья от первого поставщика к третьему предприятию). Спрос третьего предприятия = 190 ед., а предложение первого поставщика сырья = 160 ед., В клетку 1-3 заносится поставка 160 ед.

Таблица 4.20 - Составление плана методом минимального тарифа (шаг 1)

		Потребители сырья (предприятия) (j)				Возможности пунктов отправления (предложение)
		1	2	3	4	
Пункты отправления сырья (i)	1	7	8	1 160	2	160 , 0
	2	4	5	9	8	140
	3	9	2	3	6	170
	Потребности пунктов назначения (спрос)	120	50	190, 30	110	470=470

Т.к. спрос третьего предприятия полностью не удовлетворен, то определяем следующий минимальный тариф в данном столбце. Это клетка 3-3.

Спрос = 30 усл.ед., а предложение = 170. Таким образом, возможно полностью удовлетворить спрос третьего предприятия.

Таблица 4.21 - Составление плана методом минимального тарифа (шаг 2)

		Потребители сырья (предприятия) (j)				Возможности пунктов отправления (предложение)
		1	2	3	4	
Пункты отправления сырья (i)	1	7	8	1 160	2	160, 0
	2	4	5	9	8	140
	3	9	2	3 30	6	170, 140
	Потребности пунктов назначения (спрос)	120	50	190, 30, 0	110	470=470

Далее, среди всех тарифов незаполненных клеток находим min. Это клетка 3-2 и 1-4. Тарифы одинаковые, но возможности первого поставщика исчерпаны, поэтому переходим в клетку 3-2. Спрос = 50 усл.ед., а предложение – 140 усл.ед. Спрос второго предприятия полностью удовлетворен за счет третьего поставщика сырья.

Таблица 4.22 - Составление плана методом минимального тарифа (шаг 3)

		Потребители сырья (предприятия) (j)				Возможности пунктов отправления (предложение)
		1	2	3	4	
Пункты отправления сырья (i)	1	7	8	1 160	2	160, 0
	2	4	5	9	8	140
	3	9	2 50	3 30	6	170, 140, 90
	Потребности пунктов назначения (спрос)	120	50, 0	190, 30, 0	110	

Переходим к клетке 2-1 (тариф = 4 д.ед.).

Спрос = 120 усл.ед., предложение = 140 усл.ед.

Спрос можем удовлетворить полностью за счет 2-ого поставщика. В клетку 2-1 заносим поставку 120 усл. ед. Результаты представлены в табл.4.23.

Таблица 4.23 - Составление плана методом минимального тарифа (шаг 4)

		Потребители сырья (предприятия) (j)				Возможности пунктов отправления (предложение)
		1	2	3	4	
Пункты отправления сырья (i)	1	7	8	1 160	2	160, 0
	2	4 120	5	9	8	140, 20
	3	9	2 50	3 30	6	170, 140, 90
	Потребности пунктов назначения (спрос)	120, 0	50, 0	190, 30, 0	110	

Таблица 4.24 - Составление плана методом минимального тарифа (шаг 5)

		Потребители сырья (предприятия) (j)				Возможности пунктов отправления (предложение)
		1	2	3	4	
Пункты отправления сырья (i)	1	7	8	1 160	2	160, 0
	2	4 120	5	9	8	140, 20
	3	9	2 50	3 30	6 90	170, 140, 90, 0
	Потребности пунктов назначения (спрос)	120, 0	50, 0	190, 30, 0	110, 20	

Среди оставшихся незаполненных клеток находим клетку с минимальным тарифом и неудовлетворенным спросом. Т.к. в первом, втором и третьем столбцах спрос полностью удовлетворен, то это будет клетка четвертого

столбца (клетка 3-4, тариф = 6 д.ед.). Спрос составляет 110 усл.ед., предложение третьего поставщика – 90 усл.ед. В клетку 3-4 заносим поставку 90 усл.ед. В результате возможности третьего поставщика полностью исчерпаны. Идем ко второму поставщику (клетка 2-4, тариф равен 8 д.ед.)

Спрос равен 20 усл.ед., предложение составляет 20 усл. ед. В клетку 2-4 заносим поставку 20 усл.ед. Опорный план поставок составлен.

Общие затраты на перевозку составляют:

$$Z = 120*4 + 50*2 + 1*160 + 30*3 + 90*6 = 1370 \text{ д.ед.}$$

Сравнивая общие суммы затрат на перевозки, полученные методом северо-западного угла и методом минимального тарифа, можно сделать вывод, что второй план перевозок является более оптимальным.

Распределительный метод

Проверка исходного плана на оптимальность проводится путем определения характеристик для свободных клеток. Для определения характеристик строятся замкнутые контуры.

Правила построения замкнутых контуров:

- одна вершина контура должна находиться в той свободной вершине, для которой рассчитывается характеристика, все остальные вершины должны находиться в занятых клетках;
- все отрезки должны проходить по вертикали или по горизонтали (по диагонали не допускается);
- вершинам контуров присваиваются знаки. При этом вершине контура, находящейся в свободной клетке присваивается +, знаки других клеток чередуются;
- значение характеристик находится как алгебраическая сумма оценок с теми знаками, которые стоят у вершин контура.

Рассмотрим на примере (исходный план составлен методом min тарифа)

Таблица 4.25 – Исходные данные

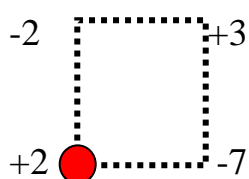
		Области потребления (j)				Предложение
		1	2	3	4	
Пункты печатания газет (i)	A	2 30	3 10	3	5	40, 10, 0
	B	2	7 20	2 40	1 50	110, 60, 20, 0
	C	6	5 30	2	6	30, 0
	Спрос	30, 0	60, 50, 20,	40, 0	50, 0	180 = 180

Построим замкнутый контур для вершины В1:

Таблица 4.26 – Решение задачи распределительным методом (шаг 1)

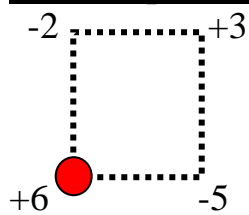
		Области потребления (j)				Предложение
		1	2	3	4	
Пункты печатания газет (i)	A	2 30	3 10	3	5	40, 10, 0
	B	2	7 20	2 40	1 50	110, 60, 20, 0
	C	6	5 30	2	6	30, 0
	Спрос	30, 0	60, 50, 20, 0	40, 0	50, 0	180 = 180

Рассмотрим клетку В1:



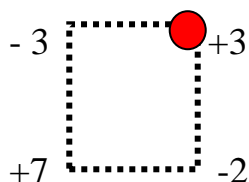
Характеристика для клетки В1 будет равна: $=+2-2+3-7=-4$.

Рассмотрим клетку С1:



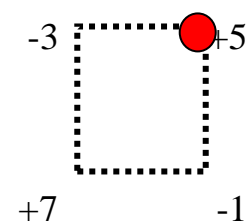
Характеристика для клетки С1 будет равна: $=+6-5+3-2=+2$.

Рассмотрим клетку А3:



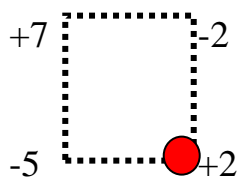
Характеристика для клетки А3 будет равна: $=+3-2+7-3=+5$.

Рассмотрим клетку А4:



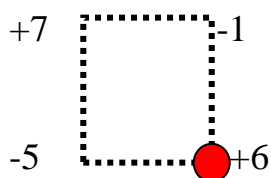
Характеристика для клетки А3 будет равна: $=+5-1+7-3=8$.

Рассмотрим клетку С3:



Характеристика для клетки С3 будет равна: $=+2-2+7-5=+2$.

Рассмотрим клетку С4:



Характеристика для клетки С4 будет равна: $=+6-1+7-5=+7$.

Оптимизация состоит в перераспределении поставок.

Объем вновь вводимой поставки равен **минимальному** из значений поставок, стоящих у **отрицательных вершин контура**, построенного для данной клетки: $\min(20; 30) = 20$.

На эту величину в новом плане увеличивается поставки, стоящие в положительных вершинах контура и вычитаются поставки, стоящие в отрицательных вершинах контура. Все другие поставки, не принадлежащие данному контуру, в новый план переносятся без изменений.

Таблица 4.27 – Оптимизация плана

		Области потребления (j)				Предложение
		1	2	3	4	
Пункты печатания газет (i)	A	=30-20= =10	-2 =10+20=30 +3	3	5	40
	B	=0+20	+2 20-20=0 -7	2	1	110
	C	6	5 30	2	6	30
	Спрос	30	60	40	50	180 = 180

Новый план вновь проверяется на оптимальность. Для этого заново строятся контуры и определяются характеристики. Процесс последовательного улучшения плана продолжается до тех пор, пока характеристики всех свободных мест не окажутся положительными.

4.2.1 Решение транспортной задачи в MS Excel

Рассмотрим алгоритм решения транспортной задачи на примере. В городе N имеется 4 предприятия, использующие для производства продукции некоторое сырье. Спрос на сырье каждого из предприятий составляет, соответственно, 120, 50, 190 и 110 усл.ед. Предложения поставщиков сырья равны: 160, 140, 170 усл.ед. На каждое предприятие сырье может завозиться от любого поставщика. Тарифы на перевозку сырья представлены в таблице 4.28.

Требуется составить план перевозок, при котором стоимость перевозок минимальна.

Таблица 4.28 – Тарифы на перевозку

		Потребители сырья (предприятия)			
Поставщики сырья		B1	B2	B3	B4
	A1	7	8	1	2
	A2	4	5	9	8
	A3	9	2	3	6

Решение

1. Создать в MS Excel форму таблицы представленную на рисунке 4.9:

	A	B	C	D	E	F
1	Таблица 1 - Затраты на перевозку					
2	Пункты	Пункты назначения				Запасы
3	отправления	B1	B2	B3	B4	
4	A1	7	8	1	2	160
5	A2	4	5	9	8	140
6	A3	9	2	3	6	170
7	Потребности	120	50	190	110	470
8						
9	Таблица 2 - Объемы перевозок					
10	Пункты	Пункты назначения				Запасы
11	отправления	B1	B2	B3	B4	
12	A1					
13	A2					
14	A3					
15	Потребности					

Рисунок 4.9 – Создание шаблона динамической модели (шаг 1)

2. В ячейку **B15** поставить знак «**=**» и ввести функцию **СУММ()**, указав ссылку на блок ячеек **B12:B14**. Нажать **Enter**.

3. Подвести курсор к правому нижнему углу ячейки **B15**. После появления знака «**+**» растянуть формулу на блок ячеек **C15:E15**. В результате получим:

	A	B	C	D	E	F
1	Таблица 1 - Затраты на перевозку					
2	Пункты	Пункты назначения				Запасы
3	отправления	B1	B2	B3	B4	
4	A1	7	8	1	2	160
5	A2	4	5	9	8	140
6	A3	9	2	3	6	170
7	Потребности	120	50	190	110	470
8						
9	Таблица 2 - Объемы перевозок					
10	Пункты	Пункты назначения				Запасы
11	отправления	B1	B2	B3	B4	
12	A1					
13	A2					
14	A3					
15	Потребности	0	0	0	0	

Рисунок 4.10 – Создание шаблона динамической модели (шаг 2)

4. В ячейку F12 ввести функцию =СУММ(B12:E12) и растянуть эту формулу на ячейки F12:F14. В результате получим:

	A	B	C	D	E	F
1	Таблица 1 - Затраты на перевозку					
2	Пункты	Пункты назначения				Запасы
3	отправления	B1	B2	B3	B4	
4	A1	7	8	1	2	160
5	A2	4	5	9	8	140
6	A3	9	2	3	6	170
7	Потребности	120	50	190	110	470
8						
9	Таблица 2 - Объемы перевозок					
10	Пункты	Пункты назначения				Запасы
11	отправления	B1	B2	B3	B4	
12	A1					0
13	A2					0
14	A3					0
15	Потребности	0	0	0	0	

Рисунок 4.11 – Создание шаблона динамической модели (шаг 3)

5. В ячейку A17 ввести фразу «суммарные затраты на перевозку»: Далее в ячейку B16 необходимо ввести целевую функцию. Для этого необходимо воспользоваться инструментом «Вставка функции» (см.рис.4.12.)

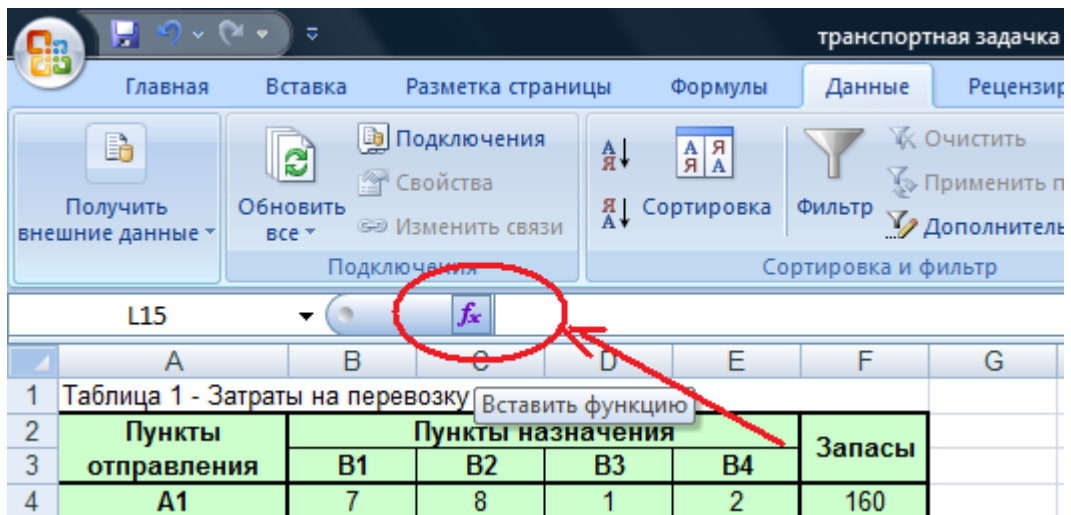


Рисунок 4.12 – Вставка функции (шаг 1)

6. В появившемся окне выбрать функцию «СУММПРОИЗВ».

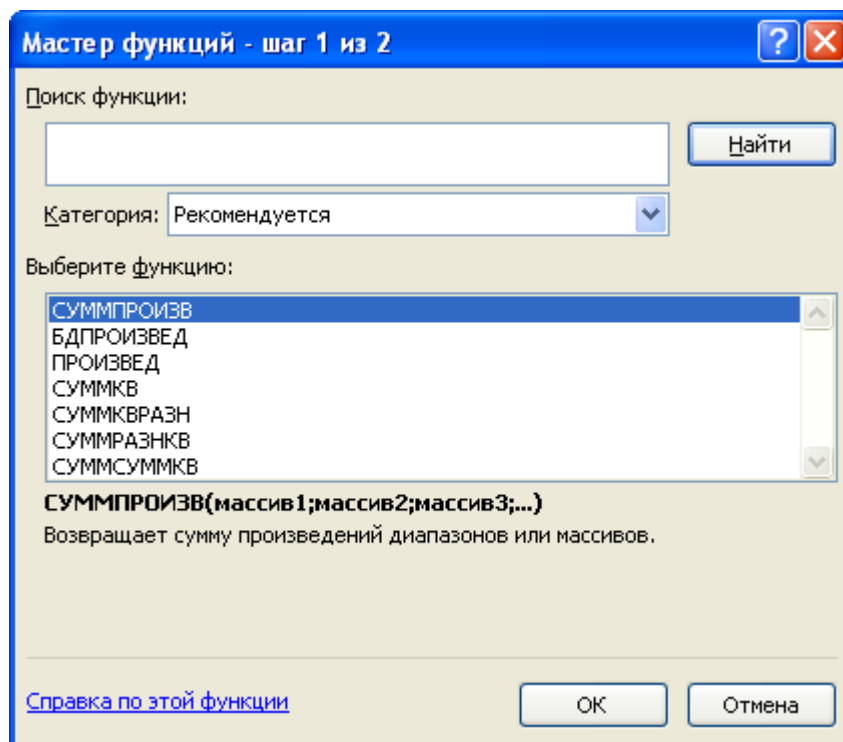


Рисунок 4.13 – Вставка функции (шаг 2)

7 Ввести ссылки на блок ячеек B4:E6 и B12:E14.

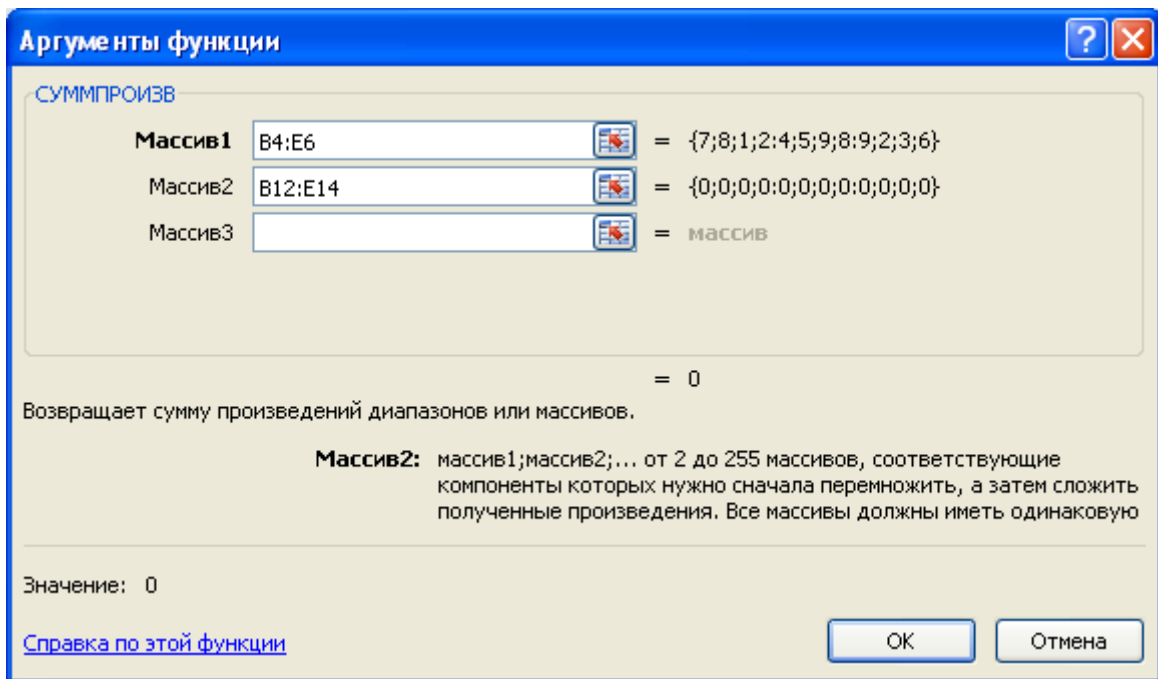
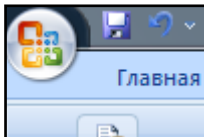


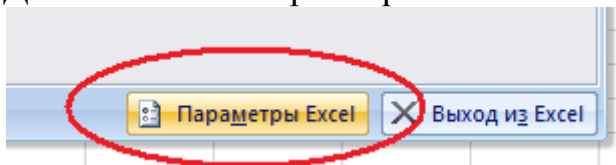
Рисунок 4.14 – Вставка функции (шаг 3)

8. Выбрать инструмент «Поиск решения».

В MS Office 2007 для активизации надстройки ПОИСК РЕШЕНИЯ необходимо нажать на функциональную кнопку Office :



Далее нажать «Параметры Excel»



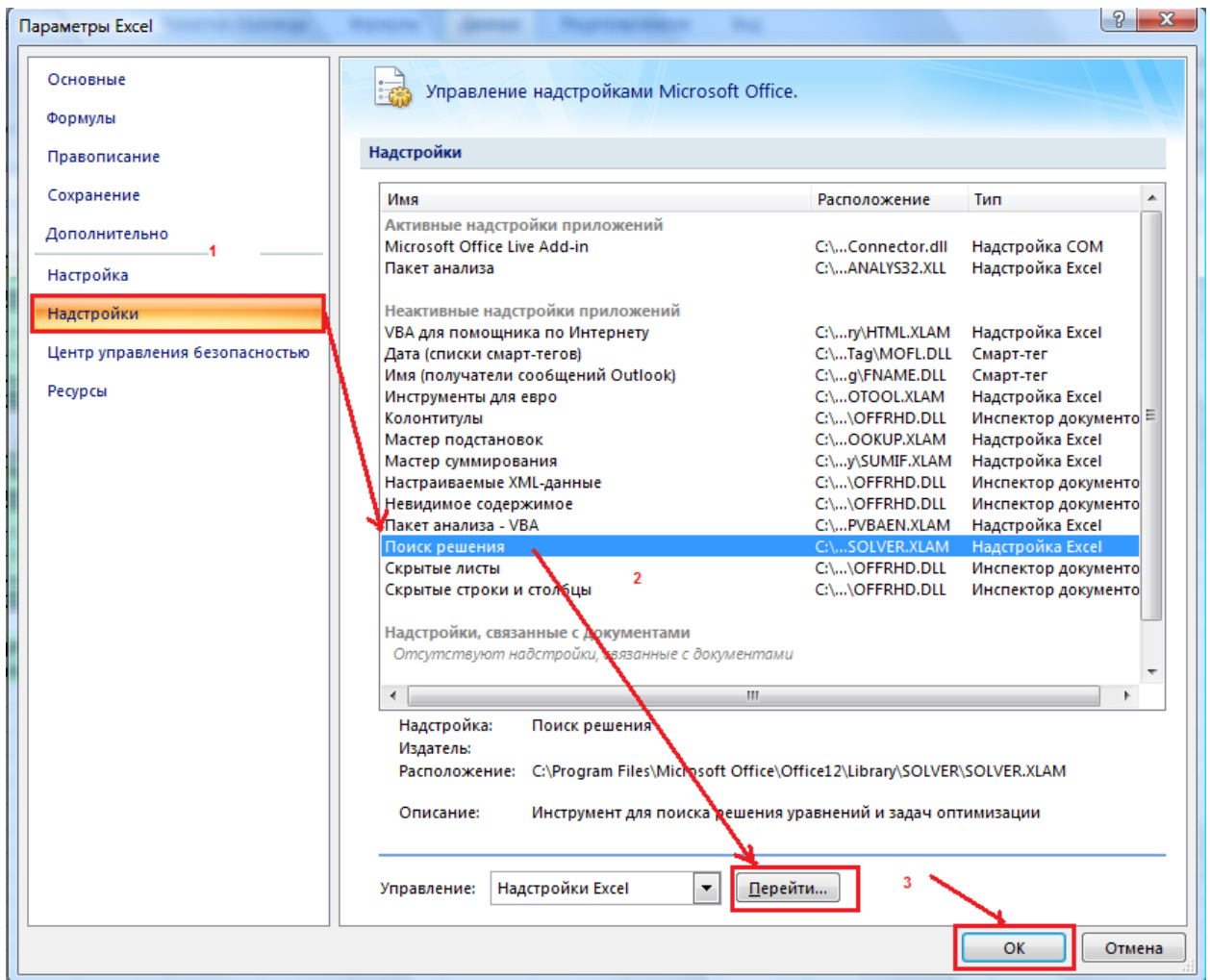


Рисунок 4.15 – Активация надстройки «Поиск решения»

Установить флажок «ПОИСК РЕШЕНИЯ».

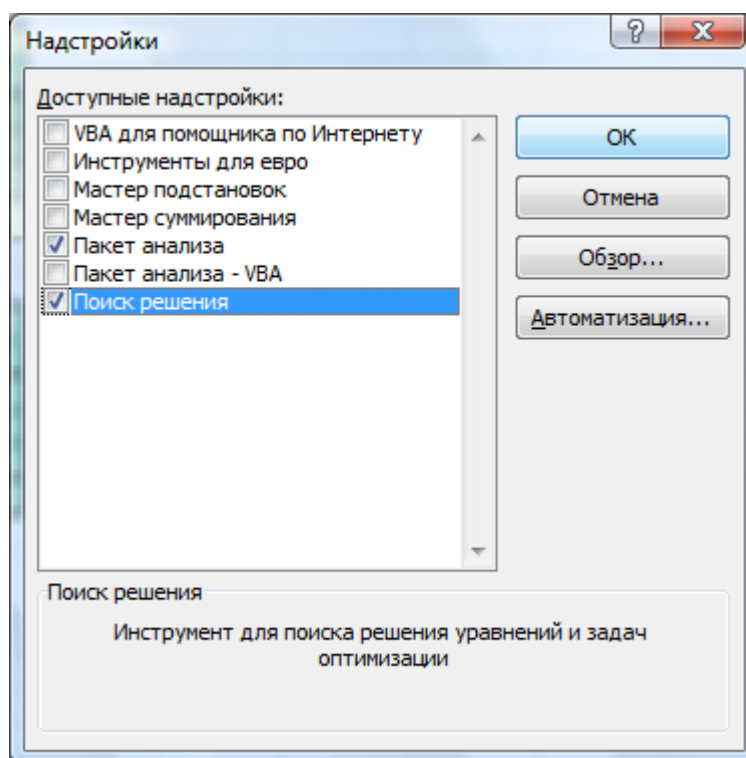


Рисунок 4.16 – Активация надстройки «Поиск решения»

В меню **ДАННЫЕ** выбрать пункт **Поиск решения** 

9. В появившемся диалоговом окне ввести входные параметры:

- определить целевую ячейку;
- выбрать желаемое значение целевой функции (минимальное/максимальное);
- установить ссылку на блок ячеек B12:E14, значения которых необходимо определить;
- установить ограничения по спросу и предложению, нажав кнопку «Добавить».

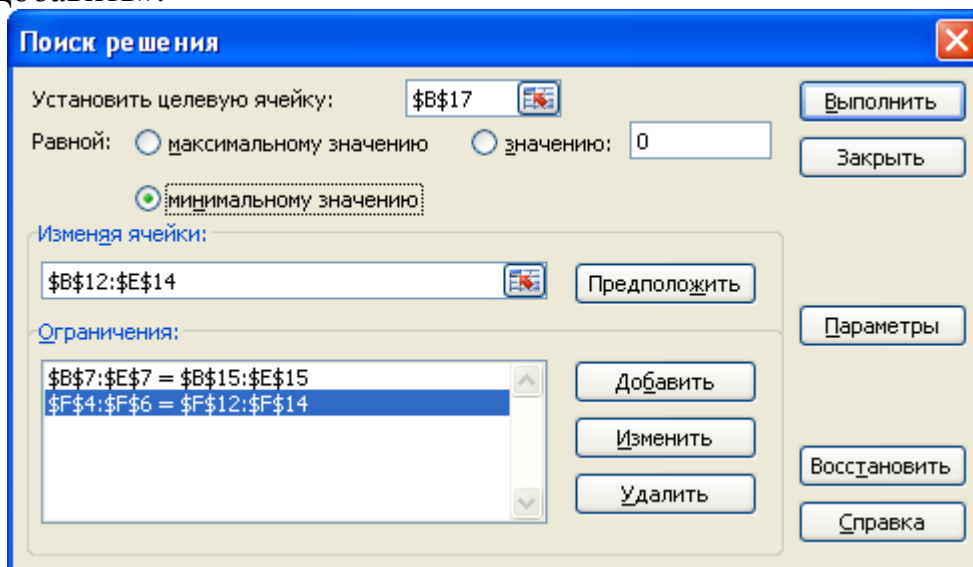


Рисунок 4.17 – Ввод входных параметров (шаг 1)

10. Нажать кнопку «**Параметры**». В появившемся диалоговом окне отметить пункты «**Неотрицательные значения**» и «**Показывать результаты итераций**».

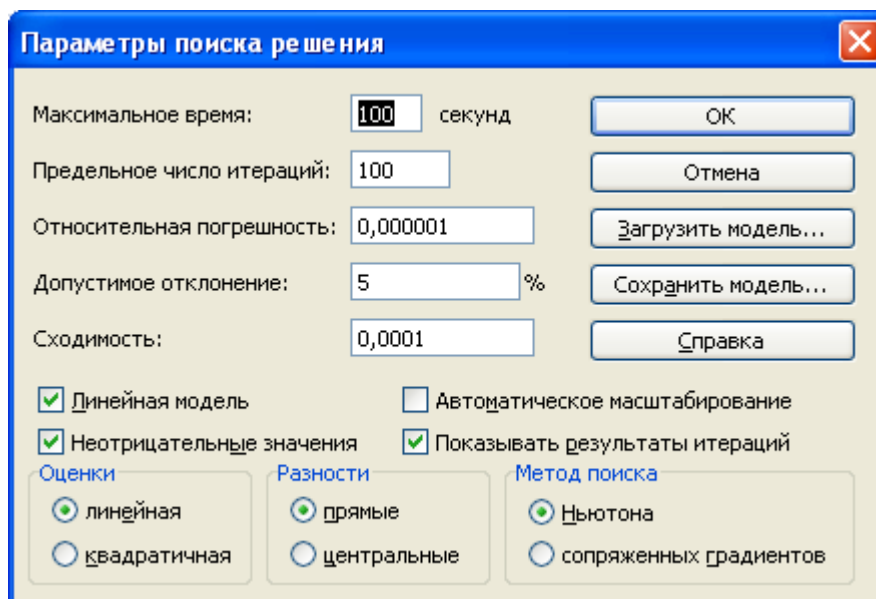


Рисунок 4.18 – Ввод входных параметров (шаг 2)

Щелкнуть ОК, а затем **ВЫПОЛНИТЬ**. В таблицу будут выведены результаты первой итерации и появится следующее диалоговое окно:

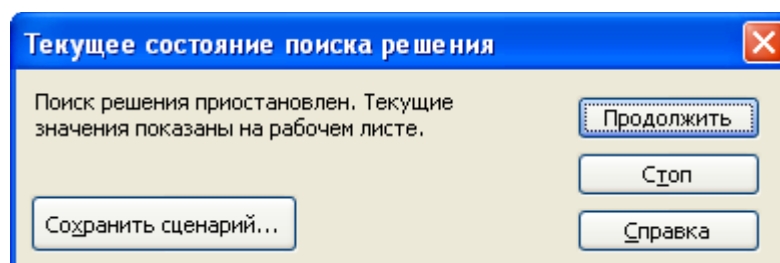


Рисунок 4.19 – Диалоговое окно «Поиск решения»

Нажать кнопку «Продолжить». На экране появятся результаты второй итерации и т.д. Последовательное выполнение этой операции приведет к получению конечного плана поставок. В появившемся окне нажать ОК.

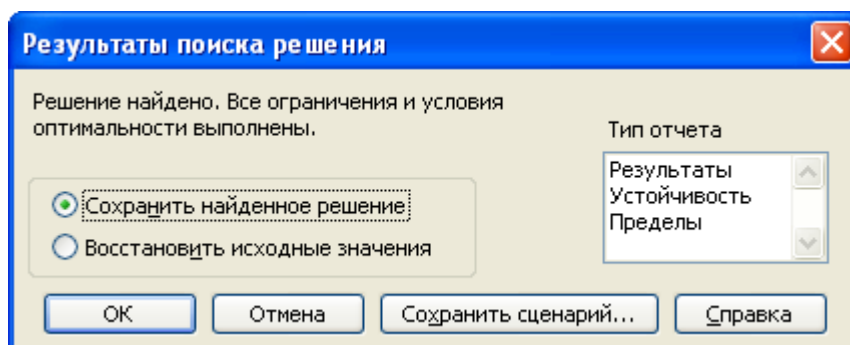


Рисунок 4.20 – Диалоговое окно «Поиск решения»

Результаты расчетов:

	A	B	C	D	E	F
1	Таблица 1 - Затраты на перевозку					
2	Пункты	Пункты назначения				Запасы
3	отправления	B1	B2	B3	B4	
4	A1	7	8	1	2	160
5	A2	4	5	9	8	140
6	A3	9	2	3	6	170
7	Потребности	120	50	190	110	470
8						
9	Таблица 2 - Объемы перевозок					
10	Пункты	Пункты назначения				Запасы
11	отправления	B1	B2	B3	B4	
12	A1	0	0	50	110	160
13	A2	120	20	0	0	140
14	A3	0	30	140	0	170
15	Потребности	120	50	190	110	
16						
17	Транспортные затраты	1330				

Рисунок 4.21 – Результаты расчетов

4.3 Задания для самостоятельного выполнения

Задача 1

Компания специализируется на выпуске товара А и Б. Каждая единица товара А приносит компании прибыль в размере \$2, а товара Б - в размере \$4. На изготовление единицы товара А требуется четыре часа работы на участке №1 и два часа работы на участке №2. Товар Б изготавливается с затратами шести часов на участке №1, шести часов на участке №2 и одного часа на участке №3. Доступная производственная мощность участка №1 составляет 120 н-часов в день, участка №2 - 72 н-часа и участка №3 - 10 н-часов. Сколько единиц товара А и Б должна выпускать компания ежедневно, чтобы получать максимальную прибыль?

Задача 2

На птицеферме употребляются два вида кормов - I и II. В единице массы корма I содержатся единица вещества А, единица вещества В и единица вещества С. В единице массы корма II содержатся четыре единицы вещества А, две единицы вещества В и не содержится вещество С. В дневной рацион каждой птицы надо включить не менее единицы вещества А, не менее

четырёх единиц вещества В и не менее единицы вещества С. Цена единицы массы корма I составляет 3 рубля, корма II - 2 рубля.

Составьте ежедневный рацион кормления птицы так, чтобы обеспечить наиболее дешёвый рацион.

Задача 3

На фабрике для производства двух видов продукции используется три вида сырья: А, В и С. Оно имеется на фабрике в следующих количествах: 13 единиц вида А, 9 единиц вида В и 8 единиц вида С. Потребности в этих видах сырья при производстве продукции 1 и 2 даны в таблице в тех же условных единицах.

Таблица 4.29 – Исходные данные

Продукция	Сырье		
	А	В	С
1	2	0	2
2	2	3	0

Прибыль, получаемая фабрикой от реализации условных единиц продукции вида 1, равна 3 тыс. руб., а вида 2 – 4 тыс. руб. Спланируйте работу фабрики так, чтобы обеспечить ей наибольшую прибыль.

Задача 4

Предприятие должно выпускать два вида продукции, используя при этом последовательно четыре различные группы производственного оборудования. Выпуск одного комплекта продукции А обеспечивает предприятию прибыль 2 тыс. руб., продукции В – 3 тыс. руб. Фонд времени работы (в днях) каждой группы оборудования и трудоемкость (также в днях) изготовления комплектов продукции обоих видов характеризует табл.4.30.

Таблица 4.30 – Исходные данные

Группа производственного оборудования	Норма времени на выпуск одного комплекта продукции		Фонд времени
	А	В	
I	3	3	15
II	2	6	18
III	4	0	16
IV	1	2	8

Разработайте план производства, обеспечивающий наибольшую прибыль для предприятия

Задача 5

Три поставщика одного и того же продукта располагают в планируемый период следующими его запасами: первый – 120 условных единиц, второй – 100 условных единиц, третий – 80 условных единиц. Этот продукт должен быть перевезен к трем потребителям, потребности которых равны 90, 90 и 120 условных единиц, соответственно.

Необходимо определить наиболее дешевый вариант перевозок, если транспортные расходы на одну условную единицу составляют:

Таблица 4.31 – Исходные данные

Поставщики	Потребители		
	1	2	3
1	7	9	11
2	4	5	8
3	6	7	12

Задача 6

На территории города имеется три АТС и четыре новых района застройки, которые необходимо телефонизировать. Свободная емкость АТС А – 3 тыс. номеров, АТС В – 2 тыс. номеров, АТС С – 5 тыс. номеров. Потребность в телефонных номерах первого района – 1 тыс. номеров, второго – 1,5 тыс. номеров, третьего – 2,5 тыс. номеров, четвертого – 3 тыс. номеров. Среднее расстояние от АТС до районов застройки (в км) представлено в таблице 4.32.

Таблица 4.32 – Исходные данные

АТС	Районы застройки			
	1	2	3	4
А	8	6	7	10
В	9	15	11	6
С	4	7	10	11

Составить оптимальный проект распределения свободной емкости АТС между районами новой застройки.

ГЛАВА 5 МЕТОДЫ СЕТЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ

5.1 Общие сведения о методах сетевого планирования и управления

Методы сетевого планирования и управления были разработаны в конце 50-х годов в США. В 1956 г. М. Уолкер из химической компании «Дюпон», исследуя возможности более эффективного использования принадлежащей фирме вычислительной машины Univac, объединил свои усилия с Д. Келли из группы планирования капитального строительства фирмы «Ремингтон Рэнд». Они попытались использовать ЭВМ для составления планов-графиков крупных комплексов работ по модернизации заводов фирмы «Дюпон». В результате был создан простой и эффективный метод планирования, получивший название метода Уолкера-Келли, а позже - метода критического пути СРМ (Critical Path Method).

Параллельно и независимо в военно-морских силах США был создан метод оценки и пересмотра программ PERT (Program Evaluation and Review Technique). Данный метод был разработан корпорацией «Lockheed» и консалтинговой фирмой «Buz, Allen & Hamilton» для реализации проекта разработки ракетной системы Polaris, объединяющего около 3800 основных подрядчиков и состоящего из 60 тыс. операций. Использование метода PERT позволило руководству программы точно знать, что требуется делать в каждый момент времени и кто именно должен это делать, а также вероятность своевременного завершения отдельных операций. Руководство программой оказалось настолько успешным, что проект удалось завершить на два года раньше запланированного срока. Благодаря такому успешному началу данный метод управления вскоре стал использоваться для планирования проектов во всех вооруженных силах США. Методика отлично себя зарекомендовала при координации работ, выполняемых различными подрядчиками в рамках крупных проектов по разработке новых видов вооружения. Назначение методов было одинаковым – планирование комплекса работ. Различие между методами СРМ и PERT заключается в том, что в первом из них длительности работ полагались известными (детерминированными), а во втором рассчитывались как вероятностная оценка длительности работ. Впоследствии оба метода были объединены под общим названием PERT-СРМ (наиболее распространенный русскоязычный вариант – метод сетевого планирования и управления).

В настоящее время технология сетевого планирования и управления достаточно хорошо отлажена, она хорошо зарекомендовала себя в таких областях деятельности как:

- разработка и подготовка к производству новых видов изделий;
- строительство и реконструкция объектов;
- планирование выполнения НИОКР;
- разработка программных продуктов и т.д.

5.2 Основные понятия сетевого планирования и управления

Метод сетевого планирования и управления предполагает графическое изображение комплекса работ в виде **сетевой модели** или сетевого графика.

Основными элементами сетевой модели являются:

- работа (обозначается \longrightarrow);
- событие (обозначается \bigcirc).

Работа – это действие, приводящее к определенному результату. Работы бывают трех видов (см.рис.5.1)

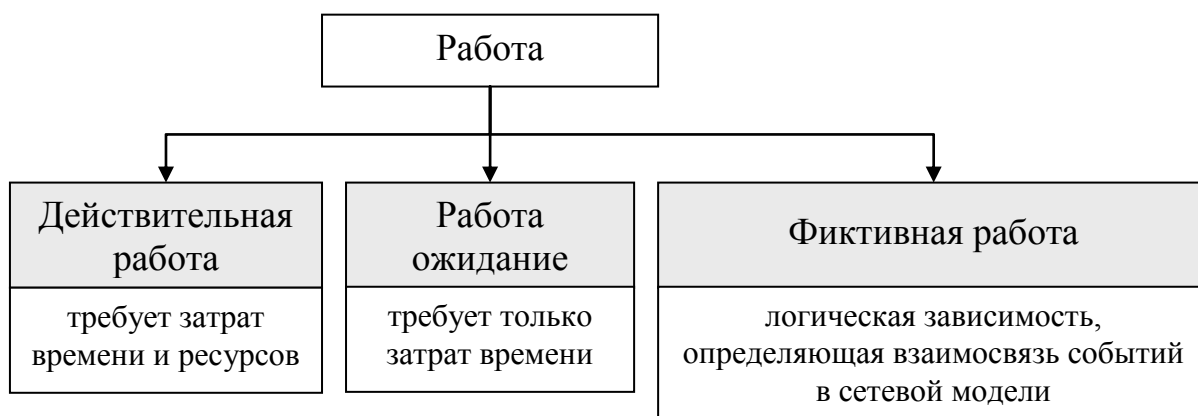
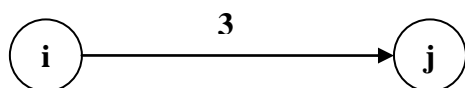


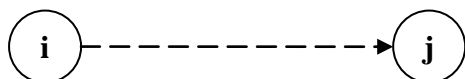
Рисунок 5.1 – Виды работ

На сетевом графике работа изображается в виде стрелочки, над которой указывается продолжительность выполнения работы.

Например, работа **i-j**, продолжительность выполнения которой составляет 3 дня.



Фиктивная работа изображается пунктиром.



Событие – это результат выполнения одной или нескольких работ. Событие указывает на возможность перехода к началам следующих работ.

События бывают трех видов (см.рис.5.2)

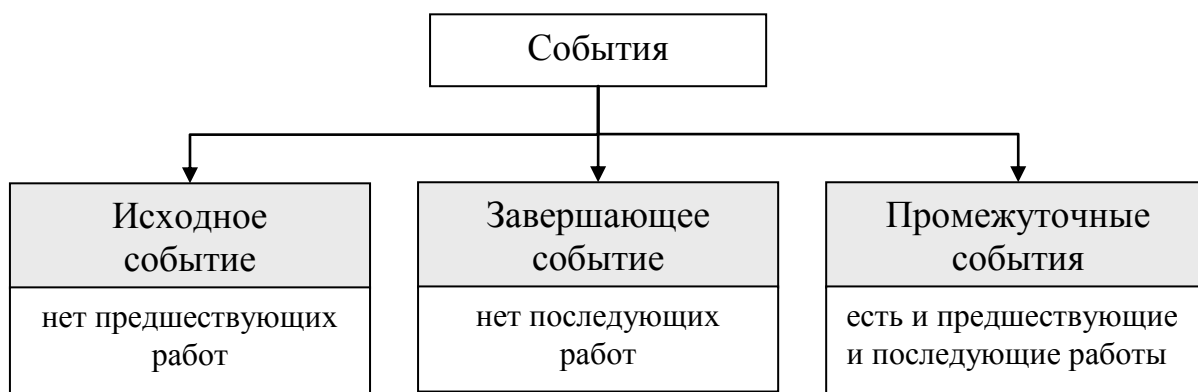


Рисунок 5.2 -Виды событий

На сетевом графике событие изображается в виде кружочка.

Любая непрерывная последовательность работ и событий образуют путь. Путь также бывает трех видов.

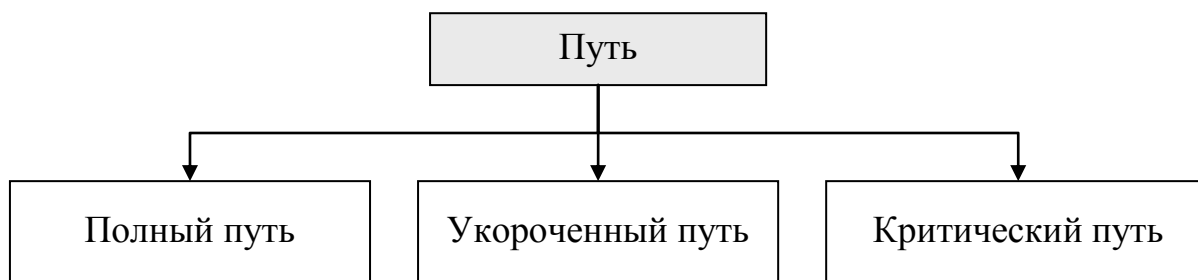


Рисунок 5.3 – Виды пути сетевого графика

Полный путь – это непрерывная последовательность работ от исходного события до завершающего. На сетевом графике полных путей может быть несколько. Полный путь максимальной продолжительности называется **критическим**.

Укороченный путь – это непрерывная последовательность работ от исходного события до одного из промежуточных (или от одного из промежуточных до завершающего).

Сетевая модель отражает логическую последовательность работ, существующую взаимосвязь и планируемую продолжительность. Приступая к построению сетевого графика, прежде всего, следует установить, какие работы:

- должны быть завершены раньше, чем начнется данная работа;
- могут быть начаты после завершения данной работы;
- могут выполняться одновременно с данной работой.

5.3 Правила построения сетевого графика

1. Сетевой график (СГ) строится слева направо.
2. При построении СГ необходимо избегать многочисленных пересечений стрелок.
3. Нумерация событий проводится после построения графика в целом.
4. На сетевом графике не должно быть:
 - событий или работ имеющих одинаковые номера;
 - тупиковых событий (т.е. событий из которых не выходит ни одна работа, при этом событие не является завершающим). Наличие тупикового события указывает либо на неточность построения СГ, либо на невозможность использования результатов предшествующей работы;

«тупиковое» событие

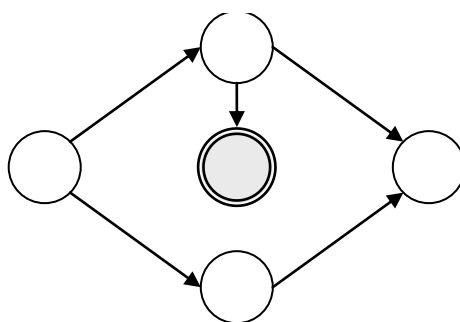


Рисунок 5.4 – Графическое изображение тупикового события

- хвостовых событий (т.е. событий у которых нет предшествующих работ, при этом событие не является исходным);

«хвостовое» событие

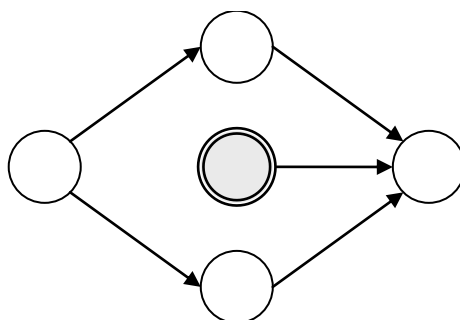


Рисунок 5.5 – Графическое изображение хвостового события

- не должно быть параллельных работ (см. рис.5.7), если обнаружены параллельные работы, то необходимо ввести фиктивную работу и фиктивное событие (см.рис.5.8);

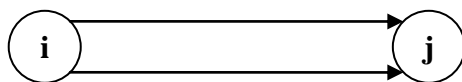


Рисунок 5.7 – Графическое изображение параллельных работ

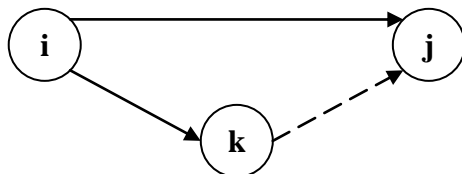


Рисунок 5.8 – Ввод фиктивной работы и фиктивного события

- на СГ не должно быть замкнутых контуров и петель.

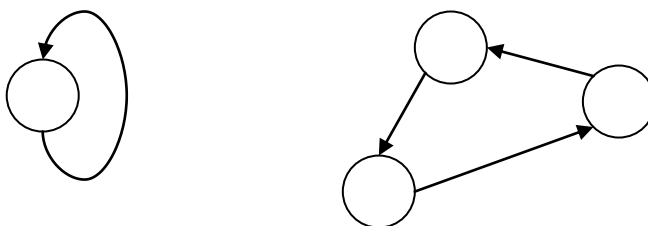


Рисунок 5.9 – Графическое изображение замкнутого «контура» и «петли»

5.4 Правила нумерации событий на сетевом графике

1. Исходному событию присваивается либо 0 либо 1 (чаще нумеруют начиная с 1).
2. Вычеркиваются все работы, выходящие из этого события.
3. Следующий номер присваивается событию, у которого все входящие работы вычеркнуты. Если таких событий несколько, то нумерация произвольная (обычно слева направо и сверху вниз).

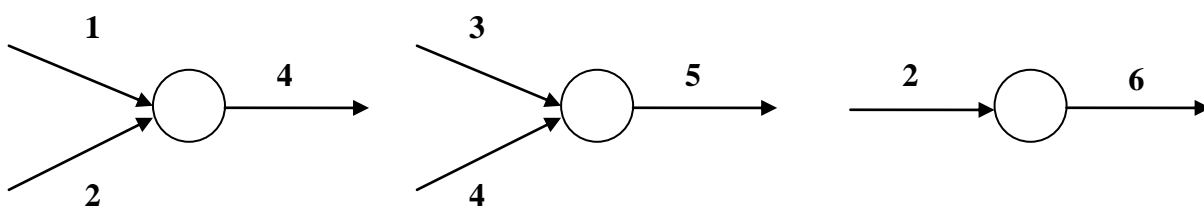
Рассмотрим построение сетевого графика на примере.

Задача №1

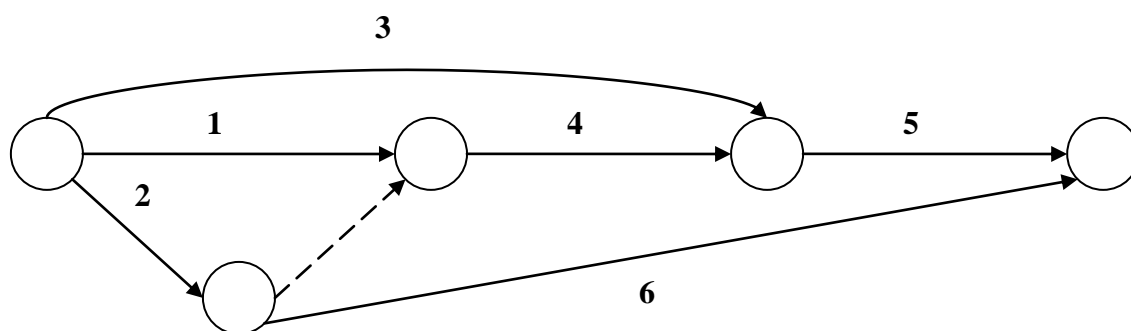
Комплекс работ по реконструкции действующего объекта состоит из 6-ти работ. Работу 4 можно начинать после окончания работ 1 и 2, работу 5 – после окончания работ 3 и 4, работу 6 - после окончания работы 2. Необходимо построить сетевой график и провести нумерацию событий.

Решение

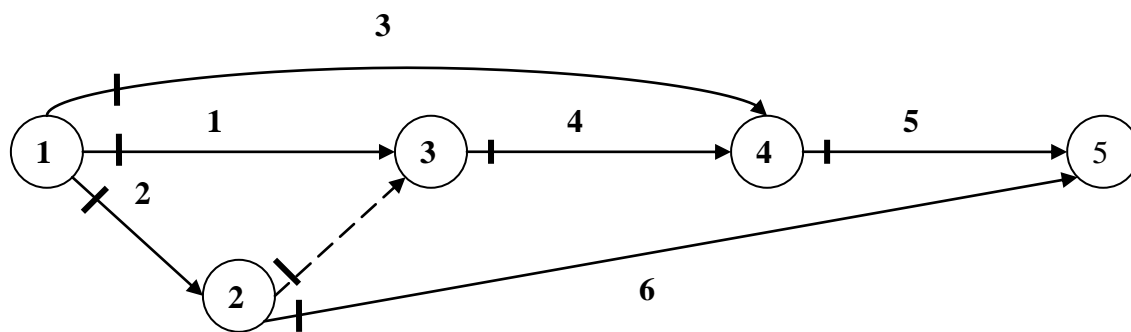
Приступая к построению сетевого графика, рекомендуется нарисовать краткую запись условия задачи.



Построение сетевого графика начинается с исходного события.



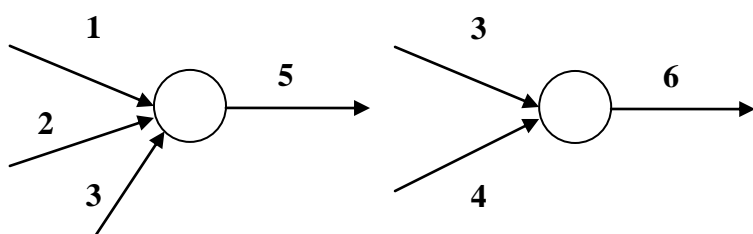
Следующий этап - нумерация событий. Нумеровать рекомендуется только те события, у которых все входящие работы вычеркнуты. Это правило следует выполнять с тем, чтобы избежать появления работ с кодами, где первая цифра, означающая начало работы больше, чем последняя (окончание работы).



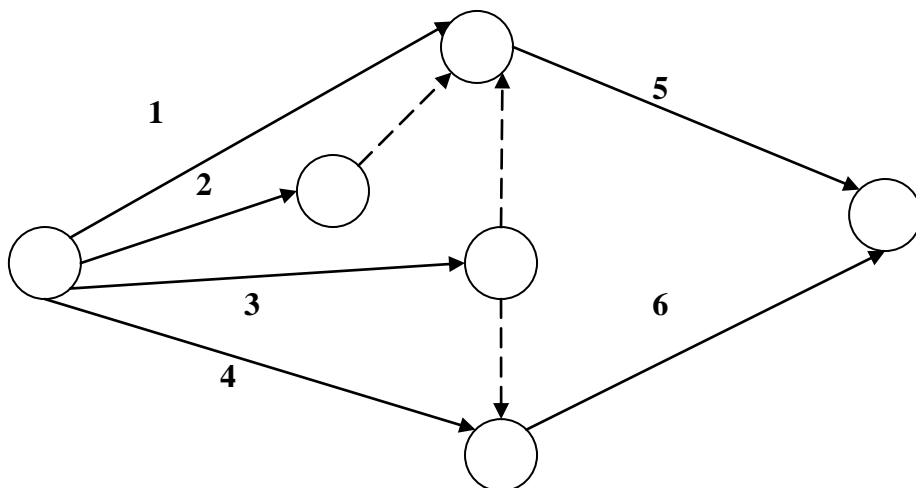
Задача №2

Комплекс работ по разработке новой техники состоит из 6-ти работ. Известно, что 5-ую работу можно начинать после окончания 1, 2 и 3; 6-ую работу – после окончания 3 и 4. Необходимо построить сетевой график и провести нумерацию событий.

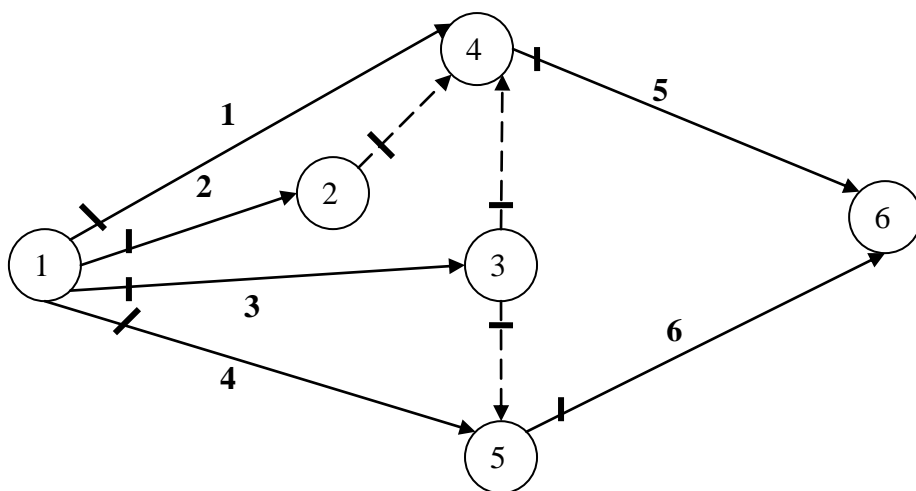
Краткая запись условия задачи



Решение



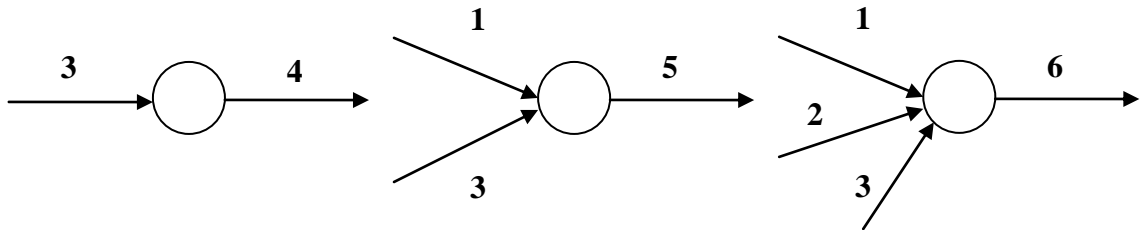
Нумерация событий



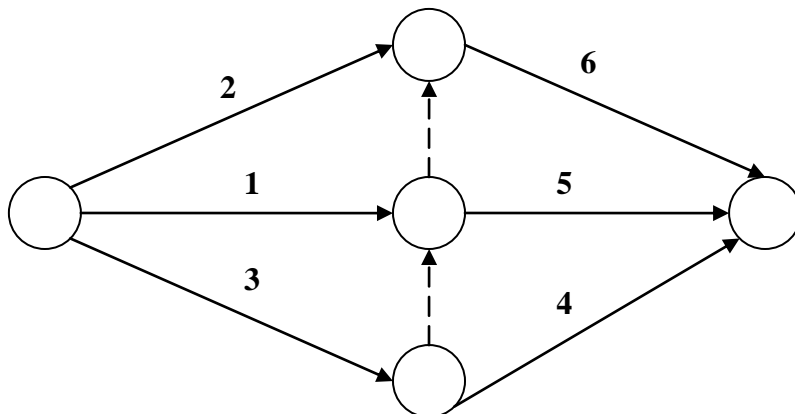
Задача №3

Комплекс работ по ремонту оборудования состоит из 6 работ. Работа 4 может быть выполнена после окончания работы 3, работа 5 – после окончания работ 1 и 3, а работа 6 – после 1, 2, 3. Необходимо построить сетевой график и провести нумерацию событий.

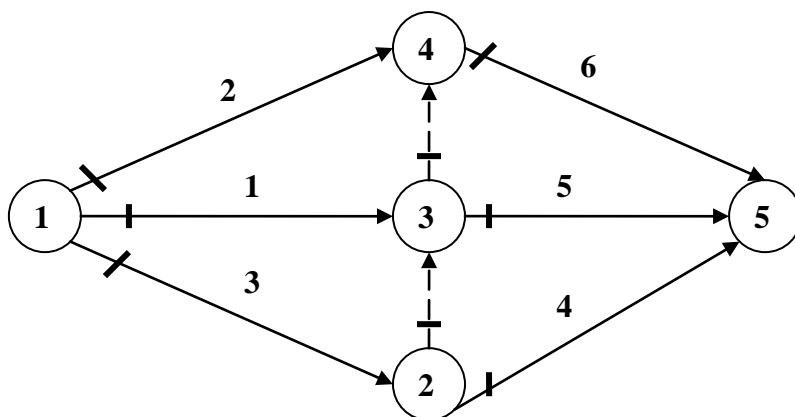
Краткая запись условия задачи



Решение



Нумерация событий



5.5 Правила расчета параметров сетевых графиков

Основными параметрами сетевого графика являются:

- t_{ij} - продолжительность выполнения работы ij ;
- $t_{ij}^{рн}$, $t_{ij}^{ро}$ - возможно ранние сроки начала и окончания работы ij ;
- $t_{ij}^{пн}$, $t_{ij}^{по}$ - допустимо поздние сроки начала и окончания работы ij ;
- $S_{кр}$ - длина критического пути;
- R_{ij} - полный резерв времени работы ij ;
- r_{ij} - частный резерв времени.

Для расчета параметров сетевых графиков необходимо знать время выполнения каждой из работ. В зависимости от подхода к определению времени выполнения работ различают два вида сетевых графиков.



Рисунок 5.10 – Виды сетевых графиков

Детерминированным называется сетевой график, продолжительность выполнения работ у которого установлена на основе действующих норм и нормативов. Если нормы и нормативы отсутствуют, то продолжительность выполнения работы определяется экспертным путем. Такие графики называются **стохастическими**. В зависимости от степени известности работы, новизны разработки, могут быть использованы двухзначные и трехзначные оценки. При двухзначной оценке эксперты определяют минимальное ($t_{ij\ min}$) и максимальное время выполнения работ ($t_{ij\ max}$).

Средняя продолжительность выполнения работы определяется по формуле:

$$t_{ij} = \frac{3t_{ij\ min} + 2t_{ij\ max}}{5} \quad (5.1)$$

При трехзначной оценке добавляется еще наиболее вероятное время выполнения работы ($t_{ij\ нв}$). Расчетная формула выглядит следующим образом:

$$t_{ij} = \frac{t_{ij\ min} + 4t_{ij\ нв} + t_{ij\ max}}{6} \quad (5.2)$$

Располагая указанными экспертными оценками времени выполнения работы можно определить меру неопределенности – дисперсию (σ^2)

$$\sigma^2 = \left(\frac{t_{ij \max} - t_{ij \min}}{6} \right)^2 . \quad (5.3)$$

У детерминированных сетевых графиков время выполнения работ известно точно, соответственно, дисперсия равна нулю.

При достаточно большом количестве работ можно утверждать, а при малом лишь предполагать, что общая продолжительность любого, в том числе и критического, пути имеет нормальный закон распределения. Среднее значение длины критического пути равно сумме средних значений продолжительности составляющих его работ (см. формула 5.4).

$$\overline{T}_{кр} = \overline{t_{1-2}} + \overline{t_{2-3}} + \overline{t_{3-5}} + \overline{t_{5-7}} + \overline{t_{7-9}} + \dots + \overline{t_{n-z}} . \quad (5.4)$$

Дисперсия времени выполнения проекта равна сумме дисперсий времени выполнения критических работ.

$$\sigma_{\text{проекта}} = \sigma_{1-2} + \sigma_{2-3} + \sigma_{3-5} + \sigma_{5-7} + \sigma_{7-9} + \dots + \sigma_{n-z} . \quad (5.5)$$

Существует три способа расчета параметров сетевых графиков:

- аналитический,
- табличный,
- графический способ.

5.5.1 Аналитический метод расчета параметров сетевых графиков

Расчет параметров сетевых графиков аналитическим методом выполняется в три этапа.

Этап 1

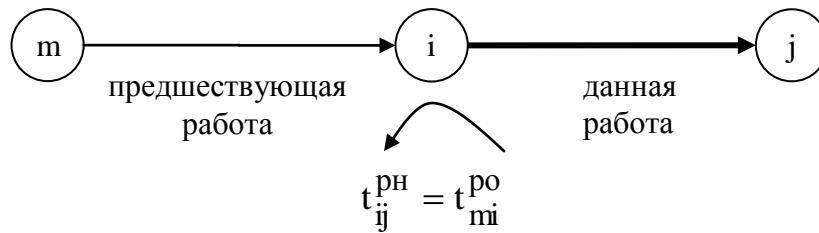
На первом этапе рассчитываются ранние начала работ, ранние окончания работ, а также длина критического пути. Расчет ранних сроков ведется в направлении слева направо. Для работ, выходящих из исходного события время раннего начала принимается равным нулю.

$$t_{\text{исх.события}}^{рн} = 0 . \quad (5.6)$$

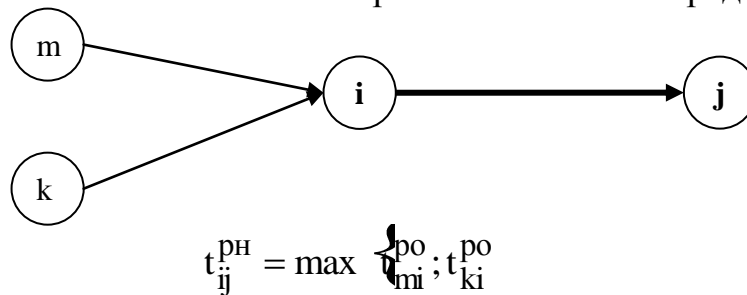
Зная продолжительность выполнения работы и возможно раннее начало этой работы можно определить время раннего его окончания:

$$t_{ij}^{рo} = t_{ij}^{рн} + t_{ij} . \quad (5.7)$$

Если у данной работы ij только одна предшествующая работа, то её раннее начало совпадает с ранним окончанием предшествующей.



Если у данной работы ij две и более предшествующих работы, то её раннее начало определяется как максимальное раннее окончание предшествующих.



$$t_{ij}^{рн} = \max \{ t_{mi}^{ро}; t_{ki}^{ро} \} \quad (5.8)$$

Если работы выходят из одного события, то время ранних начал у них одинаковые. Длина критического пути определяется как максимальное раннее окончание работ, входящих в завершающее событие, и одновременно длина критического пути определяет допустимо позднее окончание всех завершающих работ.

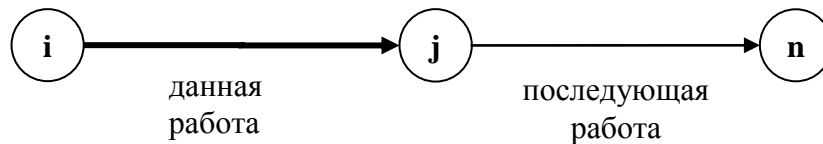
$$S_{кр} = \max \{ t_{заверш.соб.}^{ро}; t_{зав.раб.}^{по} \} \quad (5.9)$$

Этап 2

На втором этапе рассчитываются поздние сроки начала и окончания работ, причем расчет ведется в направлении от завершающего события к исходному. Допустимо позднее начало работы ij определяется по формуле 5.10:

$$t_{ij}^{пн} = t_{ij}^{по} - t_{ij} \quad (5.10)$$

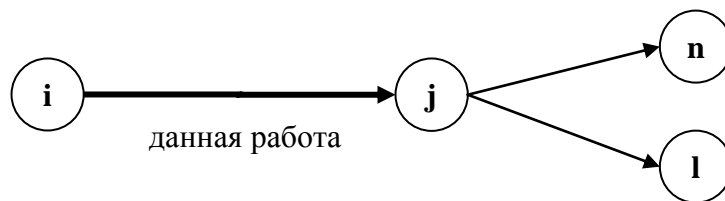
Если у данной работы ij только одна последующая работа, то её позднее окончание совпадает с поздним началом последующей.



$$t_{ij}^{ПО} = t_{jn}^{ПН} \quad (5.11)$$

Если у данной работы ij несколько последующих работ, то ее позднее окончание определяется как минимальное из поздних начал последующих работ.

$$t_{ij}^{ПО} = \min \{ t_{jn}^{ПН}; t_{jl}^{ПН} \} \quad (5.12)$$



Если у работы ij раннее начало совпадает с поздним началом ($t_{ij}^{РН} = t_{ij}^{ПН}$) и раннее окончание совпадает с поздним окончанием ($t_{ij}^{РО} = t_{ij}^{ПО}$), то такая работа относится к критическому пути. Критический путь показывает минимально необходимое время для выполнения комплекса работ.

Этап 3

На третьем этапе определяются частные и полные резервы.

Полный резерв времени работы ij (R_{ij}) – это запас времени, на который можно сдвинуть начало выполнения работы или увеличить продолжительность её выполнения, при этом длина критического пути останется неизменной.

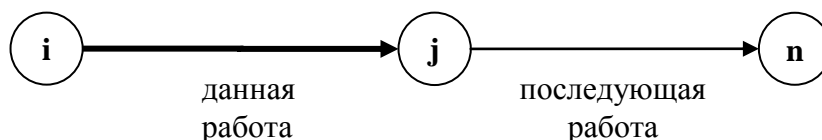
Полный резерв времени работы ij определяется как разность между началами работы (ПН и РН) либо окончаниями работы (ПО и РО).

$$R_{ij} = t_{ij}^{ПН} - t_{ij}^{РН} = t_{ij}^{ПО} - t_{ij}^{РО} \quad (5.13)$$

Частный резерв времени (r_{ij}) - запас времени, на который можно сдвинуть начало выполнения работы или увеличить ее продолжительность,

при этом раннее начало последующей работы останется неизменным. Частный резерв времени определяется как разность между ранним началом последующей работы и ранним окончанием данной работы (см. формула 5.14)

$$r_{ij} = t_{jn}^{PH} - t_{ij}^{PO}, \quad (5.14)$$



Если у данной работы нет ни частного, ни полного резерва, то она относится к критическому пути. Рассмотрим расчет параметров сетевого графика на примере.

Задача №1

Комплекс работ по проведению маркетингового исследования состоит из 6 работ. Логическая связь между работами и их продолжительность представлены на рис. 5.11 необходимо рассчитать параметры сетевого графика аналитическим методом.

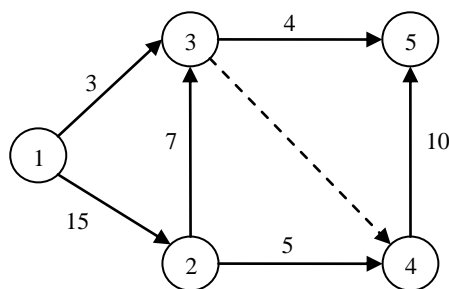


Рисунок 5.11 – Исходные данные

ЭТАП 1

РАСЧЕТ РАННИХ СРОКОВ НАЧАЛА И ОКОНЧАНИЯ РАБОТ

Работы 1-3 и 1-2 выходят из исходного события, следовательно, ранние начала этих работ равны нулю ($PH_{1-3} = 0, PH_{1-2} = 0$).

Зная ранние начала работ и продолжительность их выполнения можем определить время окончания работ:

$$PO_{1-3} = 0 + t_{ij} = 0 + 3 = 3 \text{ дн.}$$

$$PO_{1-2} = 0 + t_{ij} = 0 + 15 = 15 \text{ дн.}$$

Работы 2-3, 2-4 имеют только одну предшествующую работу, следовательно, ранние начала у этих работ будут одинаковые и равны раннему окончанию предыдущей работы (т.е. работы 1-2)

$$PH_{2-3} = PH_{2-4} = PO_{1-2} = 15 \text{ дн.}$$

$$PO_{2-3} = PH_{2-3} + t_{2-3} = 15 + 7 = 22 \text{ дн.}$$

$$PO_{2-4} = PH_{2-4} + t_{2-4} = 15 + 5 = 20 \text{ дн.}$$

Работы 3-4, 3-5 имеют две предшествующие работы, следовательно, ранние начала у этих работ определяются как максимальное из ранних окончаний предыдущих работ.

$$PH_{3-4} = PH_{3-5} = \max(PO_{1-3}; PO_{2-3}) = \max(3; 22) = 22 \text{ дн.}$$

$$PO_{3-4} = PH_{3-4} + t_{3-4} = 22 + 0 = 22 \text{ дн.}$$

$$PO_{3-5} = PH_{3-5} + t_{3-5} = 22 + 4 = 26 \text{ дн.}$$

Работа 4-5 имеет две предшествующие работы, следовательно,

$$PH_{4-5} = \max(PO_{2-4}; PO_{3-4}) = \max(20; 22) = 22 \text{ дн.}$$

$$PO_{4-5} = PH_{4-5} + t_{4-5} = 22 + 10 = 32 \text{ дн.}$$

Определение длины критического пути:

$$S_{\text{крит}} = \max(PO_{3-5}; PO_{4-5}) = \max(26; 32) = 32 \text{ дн.}$$

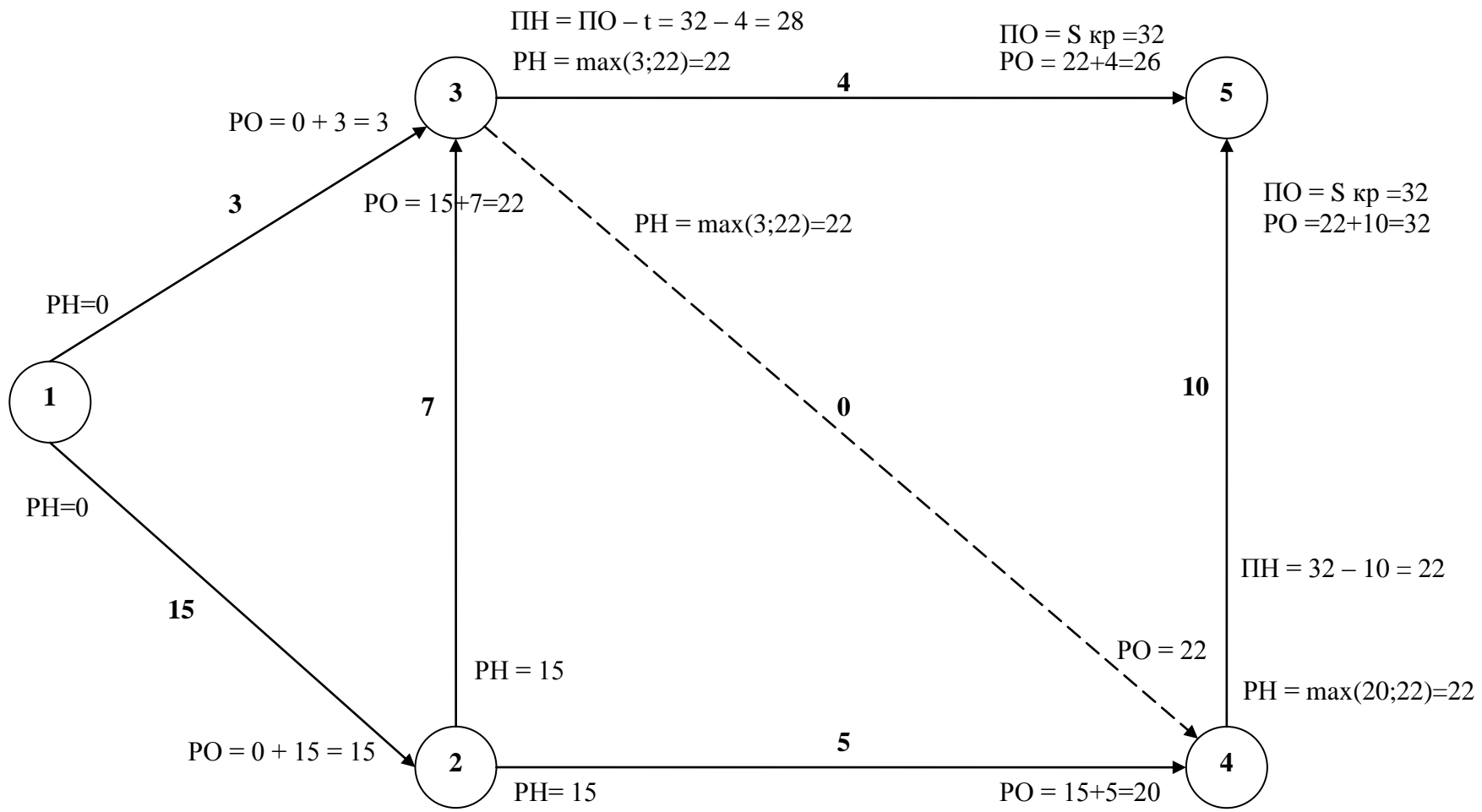


Рисунок 5.12 – Расчет параметров сетевого графика аналитическим методом

ЭТАП 2

РАСЧЕТ ПОЗДНИХ СРОКОВ НАЧАЛА И ОКОНЧАНИЯ РАБОТ

Расчет производится в обратном направлении, т.е. начиная от завершающих работ. Длина критического пути равна позднему окончанию работ, входящих в завершающее событие.

$$ПО_{3-5} = ПО_{4-5} = S_{\text{крит}} = 32 \text{ дн.}$$

$$ПН_{3-5} = ПО_{3-5} - t_{3-5} = 32 - 4 = 28 \text{ дн.}$$

$$ПН_{3-5} = ПО_{3-5} - t_{3-5} = 32 - 4 = 28 \text{ дн.}$$

Работа 2-4 имеет только 1 последующую работу, следовательно:

$$ПО_{2-4} = ПН_{\text{последующей}} = ПН_{4-5} = 22 \text{ дн.}$$

Аналогично для **работы 3-4**:

$$ПО_{2-4} = ПН_{\text{последующей}} = ПН_{4-5} = 22 \text{ дн.}$$

Работа 1-3 имеет две последующие работы, следовательно:

$$ПО_{1-3} = \min(ПН_{3-5}; ПН_{3-4}) = \min(28; 22) = 22 \text{ дн.}$$

$$ПН_{1-3} = ПО_{1-3} - t_{1-3} = 22 - 3 = 19 \text{ дн.}$$

Аналогично для **работы 2-3**:

$$ПО_{2-3} = \min(28; 22) = 22 \text{ дн.}$$

$$ПН_{2-3} = 22 - 7 = 15 \text{ дн.}$$

Работы 1-2:

$$ПО_{1-2} = \min(15; 17) = 15 \text{ дн.}$$

$$ПН_{1-2} = ПО_{1-2} - t_{1-2} = 15 - 15 = 0$$

ЭТАП 3

РАСЧЕТ РЕЗЕРВОВ

Полный резерв времени работы ij определяется как разность между началами (ПН и РН) либо окончаниями (ПО и РО).

$$R_{ij} = t_{ij}^{\text{ПН}} - t_{ij}^{\text{РН}} = t_{ij}^{\text{ПО}} - t_{ij}^{\text{РО}}, \quad (5.15)$$

$$R_{1-2} = ПН - РН = 0 - 0 = 0 \text{ дн.}$$

$$R_{1-3} = 19 - 0 = 19 \text{ дн.}$$

$$R_{2-3} = 15 - 15 = 0 \text{ дн.}$$

$$R_{2-4} = 17 - 15 = 2 \text{ дн.}$$

$$R_{3-4} = 22 - 22 = 0 \text{ дн.}$$

$$R_{3-5} = 28 - 22 = 6 \text{ дн.}$$

$$R_{4-5} = 22 - 22 = 0 \text{ дн.}$$

Частный резерв времени определяется как разность между РН последующей работы и РО данной работы.

$$r_{ij} = \text{РН}_{\text{последующей}} - \text{РО}_{\text{данной работы}}, \quad (5.16)$$

$$r_{1-2} = 15 - 15 = 0 \text{ дн.}$$

$$r_{1-3} = 22 - 3 = 19 \text{ дн.}$$

$$r_{2-3} = 22 - 22 = 0 \text{ дн.}$$

$$r_{2-4} = 22 - 22 = 0 \text{ дн.}$$

$$r_{3-5} = 32 (= S_{\text{кр}}) - 26 = 6 \text{ дн.}$$

$$r_{3-4} = 22 - 22 = 0 \text{ дн.}$$

$$r_{4-5} = 32 - 32 = 0 \text{ дн.}$$

На основании выполненных расчетов можно сделать вывод, что к критическому пути относятся работы 1-2, 2-3, 3-4, 4-5. Просуммировав время их выполнения можно выполнить проверку правильности расчетов:

$$S_{\text{крит}} = 15 + 7 + 0 + 10 = 32 \text{ дн.}$$

Таким образом, можно сделать вывод, что параметры сетевого графика определены верно.

1.5.2 Табличный метод расчета параметров сетевых графиков

Табличный метод предполагает выполнение расчетов параметров сетевых графиков в таблице следующей формы:

Таблица 5.1 – Шаблон расчетной таблицы

Кол-во предш. работ	Код работы	t_{ij} , дн.	РН	РО	ПН	ПО	R	r
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Последовательность расчета параметров можно представить в виде следующего алгоритма:

- заполнение второго и третьего столбцов таблицы (коды работ и продолжительность их выполнения);
- заполнение первого столбца таблицы (количество предшествующих работ);
- ранние сроки выполнения работ (4-ый и 5-ый столбцы) заполняются одновременно, причем расчет ведется, начиная от работ, выходящих из исходного события;
- определение длины критического пути;
- поздние сроки выполнения работ (6-ой и 7-ой столбцы) заполняются одновременно, причем расчет ведется в обратном направлении (начиная от работ, входящих в завершающее событие);
- расчет частного и полного резервов.

Рассмотрим пример расчета параметров сетевых графиков табличным методом.

Пример:

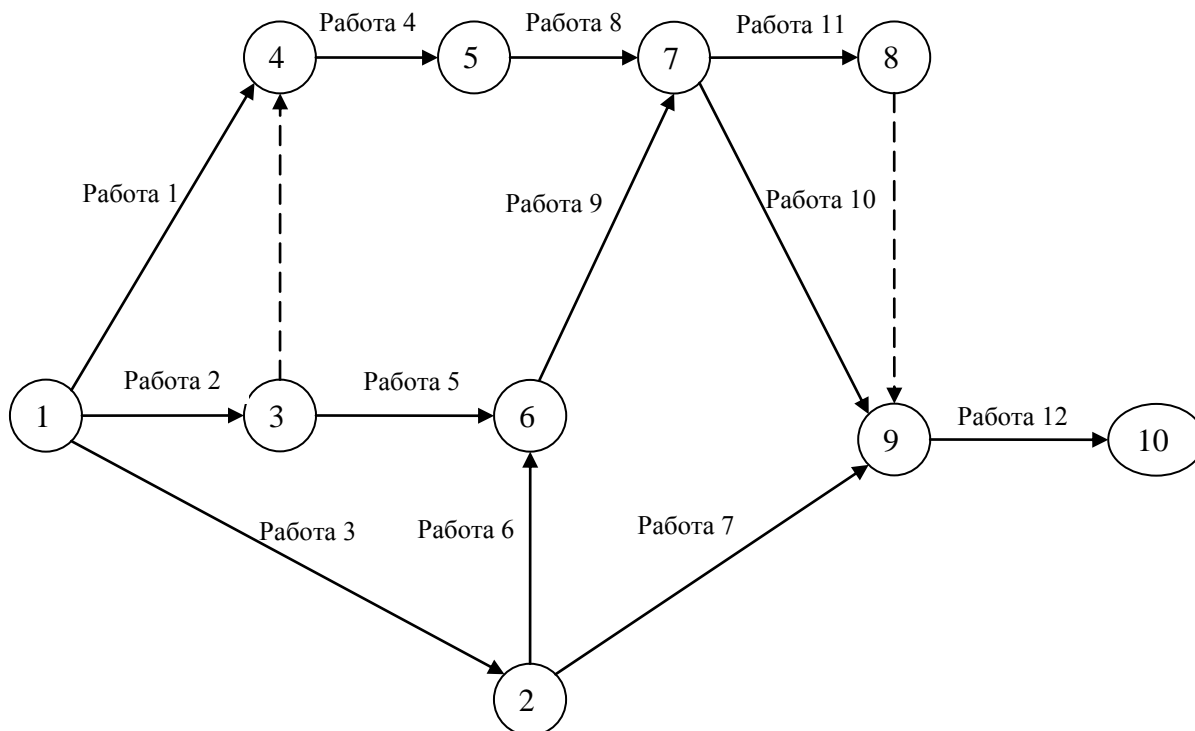
Комплекс работ по проведению маркетингового исследования состоит из 12 работ. Логическая связь между работами и продолжительность их выполнения представлены в табл.5.2.

Таблица 5.2 – Исходные данные

№ предшествующей работы	№ работы	Время выполнения работы, дней
-	1	10
-	2	15
-	3	4
1, 2	4	8
2	5	14
3	6	26
3	7	50
4	8	32
5, 6	9	40
8, 9	10	18
8, 9	11	5
10, 11	12	3

На основании данных таблицы необходимо построить сетевой график, провести нумерацию событий, рассчитать параметры сетевого графика табличным методом.

Решение



На основании построенного сетевого графика заполним первые три столбца расчетной таблицы (см.табл.5.3). Код работы образуется из номеров событий, которые соединяет данная работа.

Таблица 5.3 – Заполнение расчетной таблицы (этап 1)

Кол-во предш. работ	Код работы	Время выполнения работы, дн.	РН	РО	ПН	ПО	R	r
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
-	1-2	4						
-	1-3	15						
-	1-4	10						
1	2-6	26						
1	2-9	50						
1	3-4	0						
1	3-6	14						
2	4-5	8						
1	5-7	32						
2	6-7	40						
2	7-8	5						
2	7-9	18						
1	8-9	0						
2	9-10	3						

Далее в соответствии с представленным выше алгоритмом необходимо рассчитать ранние сроки выполнения работ (ранние начала и ранние окончания).

Таблица 5.4– Расчет ранних сроков выполнения работ (этап 2)

Кол-во предш. работ	Код работы	Время выполнения работы, дн.	РН	РО	ПН	ПО	R	r
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
-	1-2	4	0	4				
-	1-3	15	0	15				
-	1-4	10	0	10				
1	2-6	26	4	30				
1	2-9	50	4	54				
1	3-4	0	15	15				
1	3-6	14	15	29				
2	4-5	8	$\max(10;15)=15$	23				
1	5-7	32	23	55				
2	6-7	40	$\max(29;30)=30$	70				
2	7-8	5	$\max(55;70)=70$	75				
2	7-9	18	70	88				
1	8-9	0	75	75				
2	9-10	3	88	91				

Из таблицы 5.4 видно, что длина критического пути составляет 91 день.

Расчет поздних сроков выполнения работ ведется в обратном направлении, начиная от завершающих работ. В рассматриваемом примере имеется одна завершающая работа 9-10. Ее позднее окончание равно длине критического пути. Зная позднее окончание работы и время ее выполнения можно определить ее позднее начало (см. табл.5.5)

Таблица 5.5 – Расчет поздних сроков выполнения работ (этап 3)

Кол-во предш. работ	Код работы	Время выполнения работы, дн.	РН	РО	ПН	ПО	R	r
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
-	1-2	4	0	4	0	4		
-	1-3	15	0	15	1	16		
-	1-4	10	0	10	20	30		
1	2-6	26	4	30	4	30		
1	2-9	50	4	54	38	88		
1	3-4	0	15	15	30	30		
1	3-6	14	15	29	16	30		
2	4-5	8	15	23	30	38		
1	5-7	32	23	55	38	70		
2	6-7	40	30	70	30	$\min(70;83)=70$		
2	7-8	5	70	75	83	88		
2	7-9	18	70	88	70	88		
1	8-9	0	75	75	88	88		
2	9-10	3	88	91	88	91		

Таблица 5.6 – Расчет резервов (этап 4)

Кол-во предш. работ	Код работы	Время выполнения работы, дн.	РН	РО	ПН	ПО	R	r
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
-	1-2	4	0	4	0	4	0	0
-	1-3	15	0	15	1	16	1	0
-	1-4	10	0	10	20	30	20	5
1	2-6	26	4	30	4	30	0	0
1	2-9	50	4	54	38	88	34	34
1	3-4	0	15	15	30	30	15	0
1	3-6	14	15	29	16	30	1	1
2	4-5	8	15	23	30	38	15	0
1	5-7	32	23	55	38	70	15	15
2	6-7	40	30	70	30	70	0	0
2	7-8	5	70	75	83	88	13	0

Продолжение табл.5.6

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
2	7-9	18	70	88	70	88	0	0
1	8-9	0	75	75	88	88	13	13
2	9-10	3	88	91	88	91	0	0

Из таблицы 5.6 видно, что работы 1-2, 2-6, 6-7, 7-9, 9-10 имеют нулевые резервы и, следовательно, принадлежат критическому пути. Для проверки правильности выполнения расчетов можно просуммировать сроки выполнения указанных работ. Если результат совпадает с длиной критического пути, можно сделать вывод, что расчеты выполнены верно.

5.6 Разработка сетевых моделей в MS Project 2007

5.6.1 Общая характеристика MS Project 2007

Сетевые методы планирования в настоящее время очень широко применяются на практике в самых различных сферах деятельности, в т.ч. в строительстве, в телекоммуникациях, при разработке программных продуктов, планировании НИОКР и т.д. На их основе возникло и развивается целое научное направление, получившее название «проектного менеджмента». Практическое применение сетевых методов планирования требует программной поддержки. К настоящему времени создано достаточно большое количество программных продуктов как самостоятельных, так и интегрированных в корпоративные информационные системы. Одной из наиболее популярных является программа MS Project. К основным возможностям приложения относятся:

- инициация проекта (определение целей и ограничений по проекту, планирование трудовых и материальных ресурсов);
- планирование проекта (ввод и структурная декомпозиция состава работ, их продолжительностей, установление логических связей между задачами, расчёт параметров сетевых графиков);
- реализация и контроль исполнения (отслеживание отклонений, выдача отчётов по отклонениям, использование наглядных индикаторов, экспорт данных в MS Excel для дальнейшего анализа);
- завершение проекта (архивация плана проекта, подготовка отчётов).

Помимо основных функций пользователю предоставляется набор сервисных возможностей, имеется интерактивный помощник. Microsoft Project позволяет хранить информацию в базах данных, поддерживаются такие приложения как Microsoft Access, Microsoft SQL Server, Oracle Database. Благодаря встроенному макроязыку программирования Visual Basic опытные пользователи могут расширить функционал системы, производить

нестандартные расчёты, интегрировать MS Project с другими приложениями, используя объектную модель.

5.6.2 Основные элементы интерфейса MS Project 2007

Рассмотрим основные элементы интерфейса MS Project 2007 (см. рис.5.13).

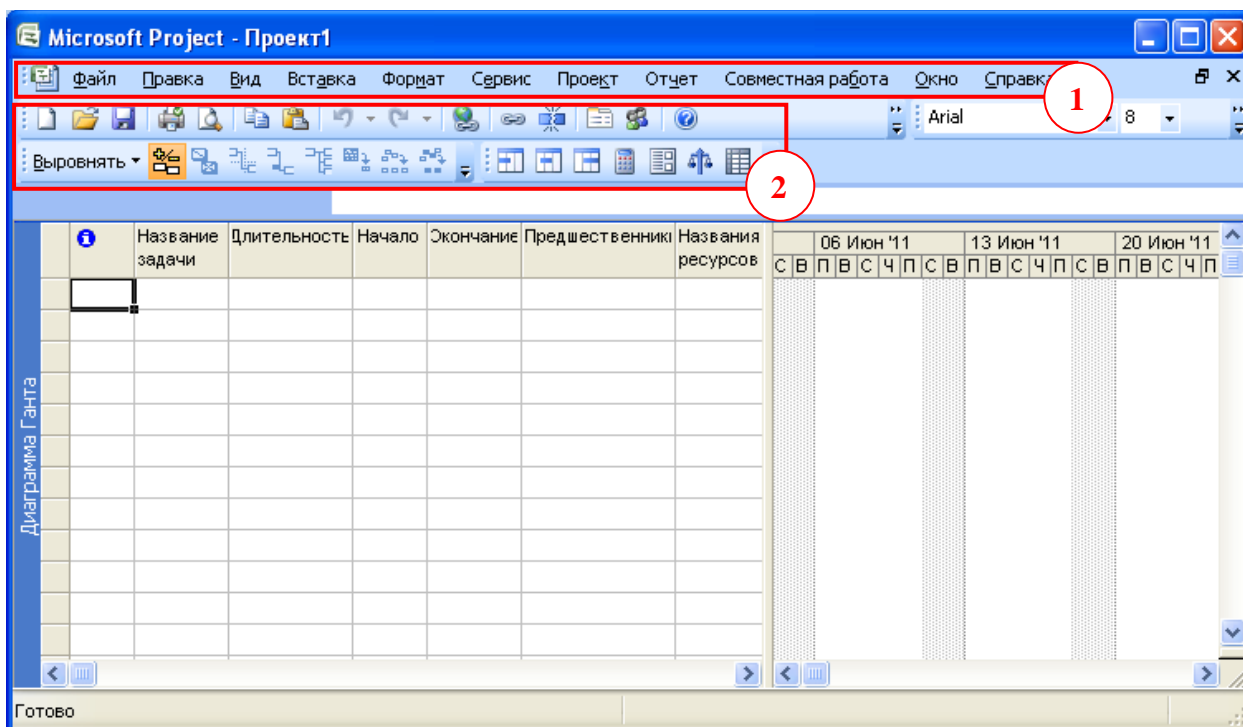


Рисунок 5.13 – Интерфейс главного меню программы

На рис.5.13 представлены главное меню программы (пункт 1), обеспечивающее доступ к остальным функциональным возможностям ПО и панель инструментов (пункт 2). Для начинающих пользователей MS Project предусмотрена панель консультанта. Для ее запуска необходимо в главном меню программы выбрать пункт **Вид**, а затем в появившемся меню - **«Включить консультанта»**. В результате появится панель консультанта (см.рис. 5.14, пункт 3).

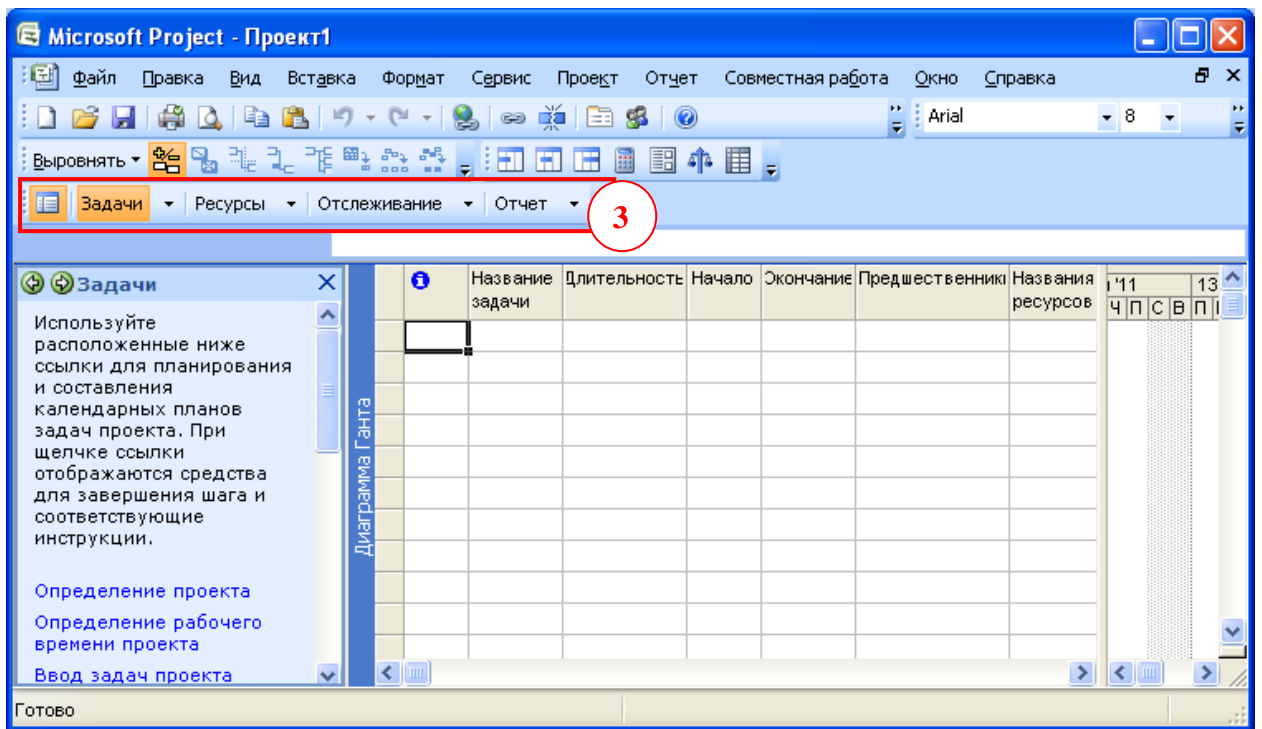


Рисунок 5.14 – Вывод панели консультанта

Нажатие каждой из расположенных на ней функциональных кнопок («Задачи», «Ресурсы», «Отслеживание», «Отчет») приведет к появлению подсказки с последовательностью действий, которые необходимо выполнить.

Не менее удобным инструментом MS Project, позволяющим осуществлять быстрый переход от одной формы представления данных к другой является «**Панель представлений**». Для ее запуска необходимо в главном меню программы выбрать пункт **Вид**, а затем **Панель представлений**. После этого слева появится дополнительная область, содержащая значки для переключения между различными вариантам представления проектных данных (таблицы, диаграммы и т.д.). (см.рис.5.15, п.4)

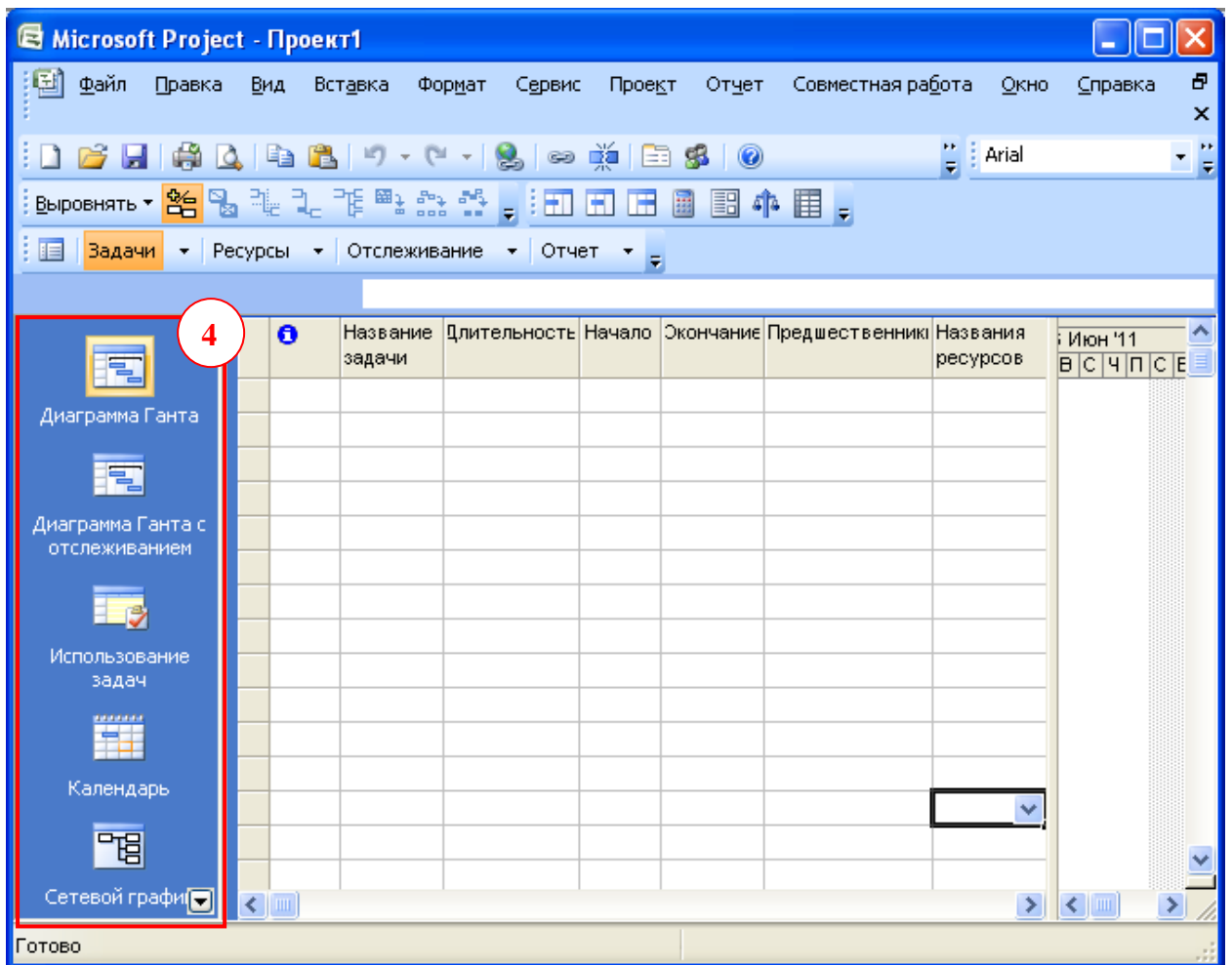


Рисунок 5.15 – Вывод панели представлений

5.6.3 Настройка программы MS Project 2007

Приступая к работе над проектом рекомендуется предварительно выполнить настройку программы. Для этого необходимо в главном меню выбрать пункт **Сервис**, а затем **Параметры**. Появившееся окно настроек содержит ряд вкладок (Вид, Общие, Правка, Календарь и т.д.), поочередное открытие которых позволит внести желаемые параметры (например, формат даты, обозначение денежных единиц, количество цифр после запятой и т.д.)

На вкладке **Вид** расположены основные настройки просмотра, которые определяют параметры, используемые для открытого файла проекта. В поле **Представление по умолчанию** определяется вид окна, которое будет показано пользователю при создании нового проекта. На рис.5.16 указано представление по умолчанию – диаграмма Ганта. Далее пользователь может определить желаемый формат даты, выбрав его из предлагаемого списка.

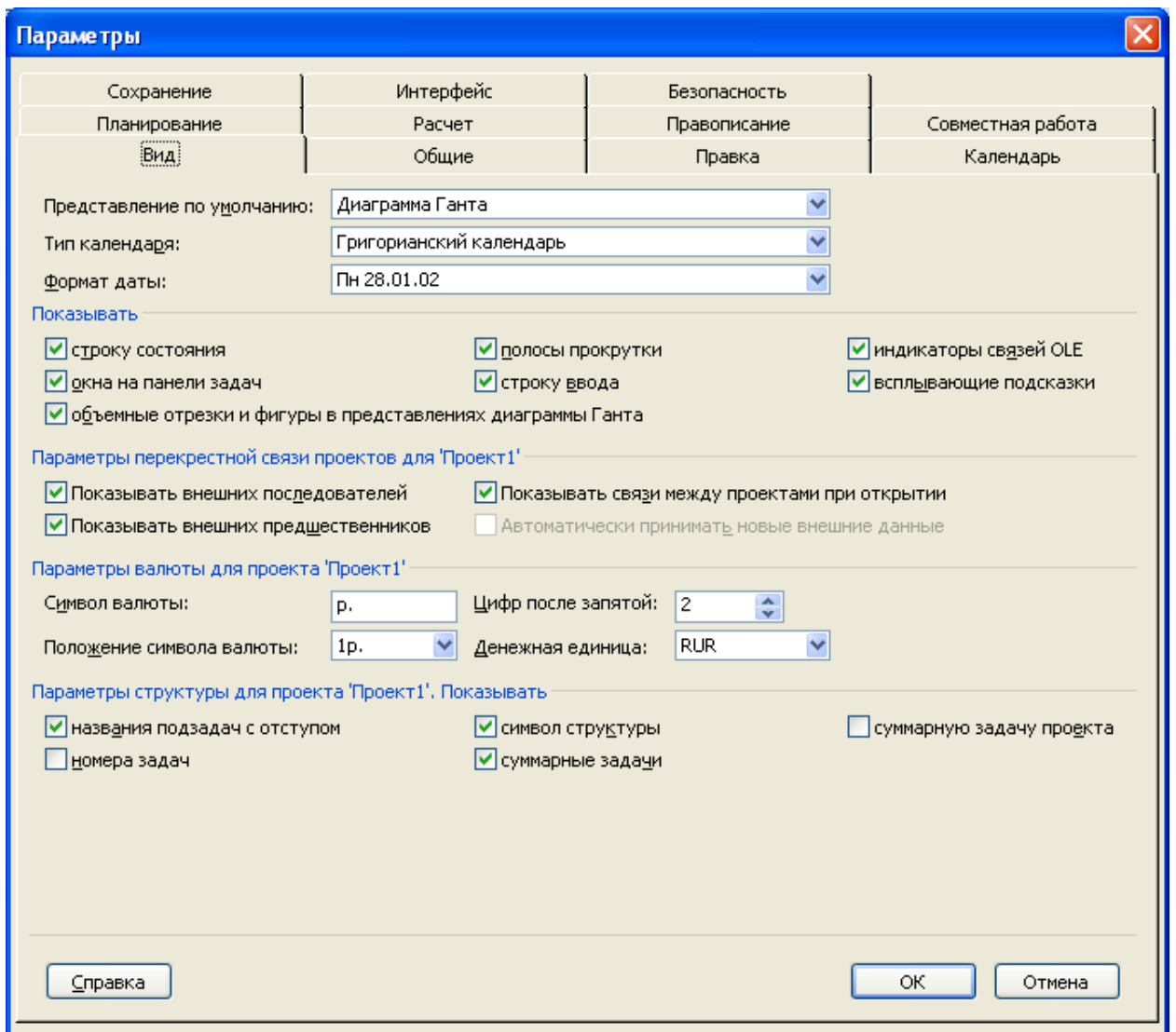


Рисунок 5.16 – Диалоговое окно «Параметры» (вкладка «вид»)

Для удобства просмотра файлов могут быть использованы полосы прокрутки, всплывающие подсказки, объемные отрезки и фигуры в представлениях диаграммы Ганта, всплывающие подсказки и т.д. Для этого пользователю следует поставить метки напротив соответствующих записей в диалоговом окне (см.рис.5.16). В разделе **Параметры валюты** определяется формат денежных единиц, используемых для исчисления стоимости выполнения работ.

На вкладке **Общие** включает три раздела, в которых указываются параметры, используемые как для программы в целом, так и для текущего проекта. В разделе **Общие параметры для Microsoft Office Project** рекомендуется поставить отметку напротив пункта **Открывать последний файл при запуске** и указать **Имя пользователя**, которое будет в дальнейшем применяться ко всем создаваемым проектам.

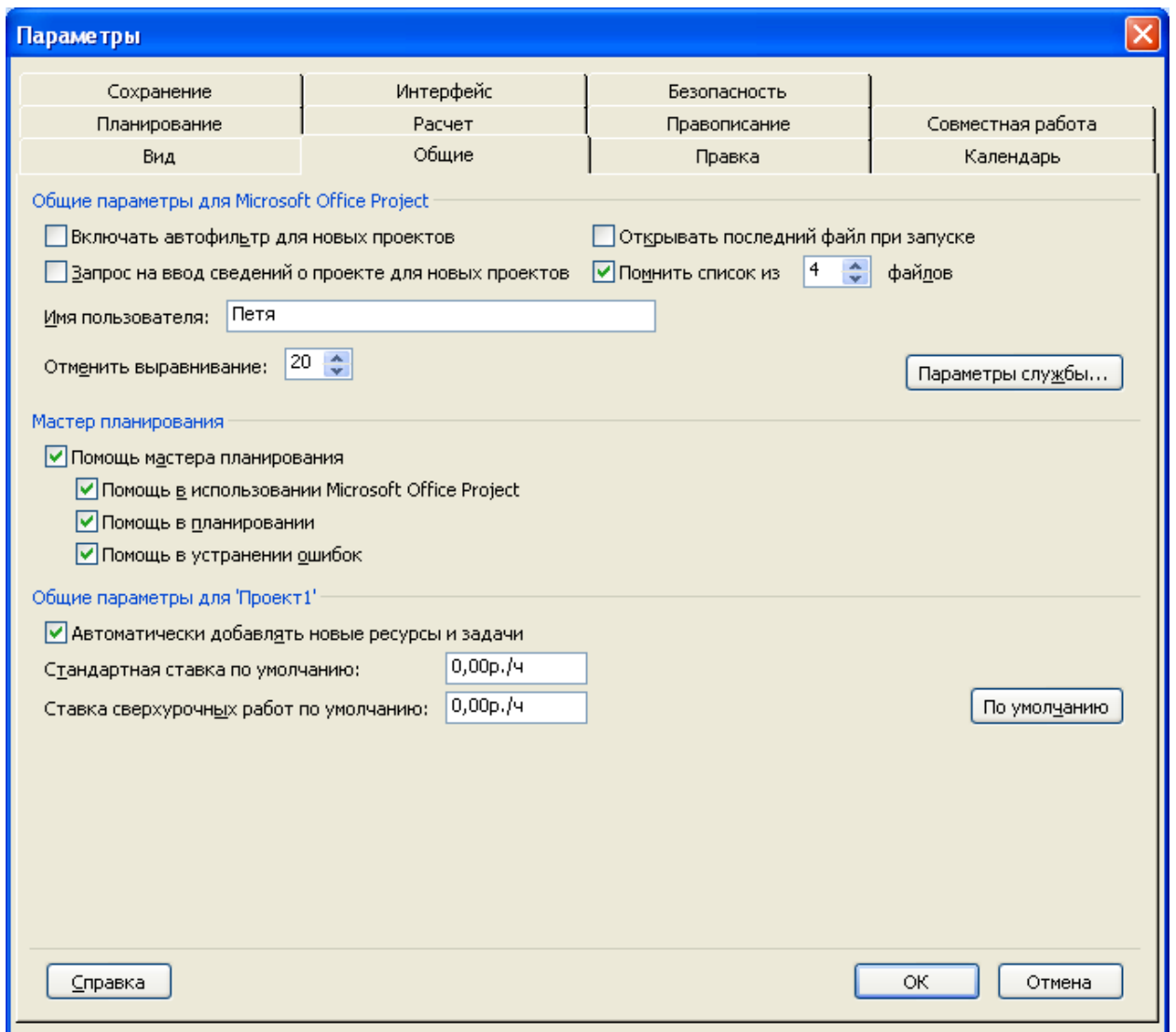


Рисунок 5.17 – Диалоговое окно «Параметры» (вкладка «общие»)

Вкладка **Правка** позволяет настроить параметры правки для Microsoft Office Project и **Параметры отображения единиц времени** (символы для обозначения минут, часов, дней, недель, месяцев и лет). Для применения установленных параметров необходимо нажать кнопку **По умолчанию**.

Во вкладке **Календарь** указываются **Время начала** и **Время окончания** рабочего дня по умолчанию, количество часов в рабочем дне, в рабочей неделе и т.д. Далее аналогичным образом устанавливаются настройки в остальных вкладках.

5.6.4 Создание нового проекта в MS Project 2007

Приступая к созданию нового проекта в MS Project 2007, прежде всего, рекомендуется отредактировать свойства файла. Для этого в главном меню программы выбрать пункт **Файл**, а затем **Свойства**. В появившееся диалоговое окно необходимо ввести название проекта, наименование организации, ФИО автора и т.д.

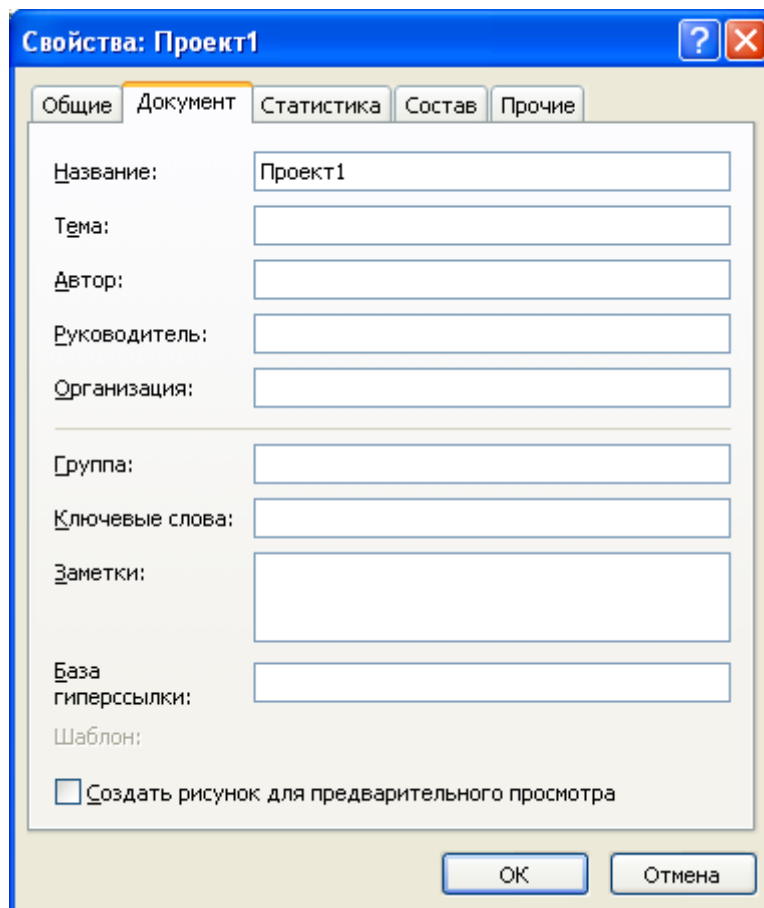


Рисунок 5.18 – Окно свойств проекта

MS Project 2007 позволяет пользователям осуществлять планирование как **от даты начала проекта**, так и **от даты окончания**. Для выбора желаемой настройки необходимо в главном меню программы выбрать пункт **Проект**, а затем – **Сведения о проекте**.

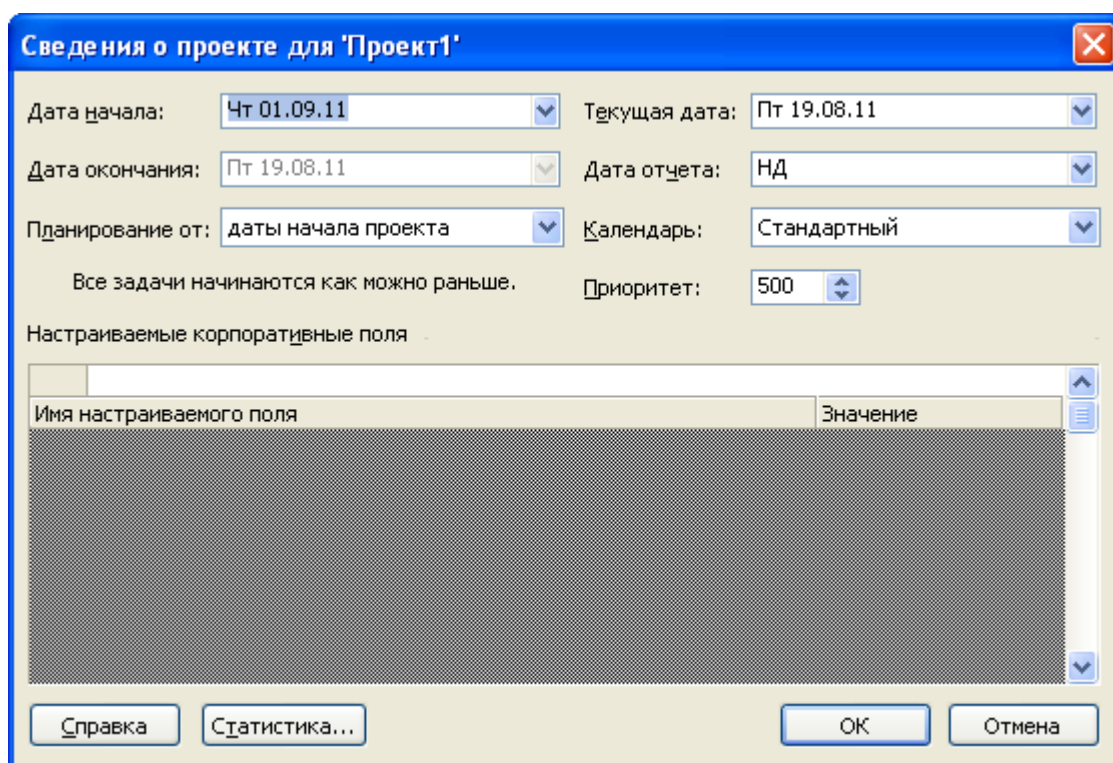


Рисунок 5.19 – Окно ввода сведений о проекте

Следующий важный этап – создание базового календаря работы проектной команды. Для настройки календаря необходимо в главном меню программы выбрать пункт **Сервис**, а затем **Изменить рабочее время** (см.рис.5.20). В календаре рекомендуется указать все праздничные и выходные дни, начало и окончание рабочего дня, время перерыва на обед и т.д. Для этого следует нажать на кнопку «Подробности» на вкладке **Рабочие недели**. В появившемся диалоговом окне можно определить желаемые параметры. Для применения изменений к нескольким дням недели (например, понедельник-пятница) необходимо воспользоваться клавишей **Shift**.

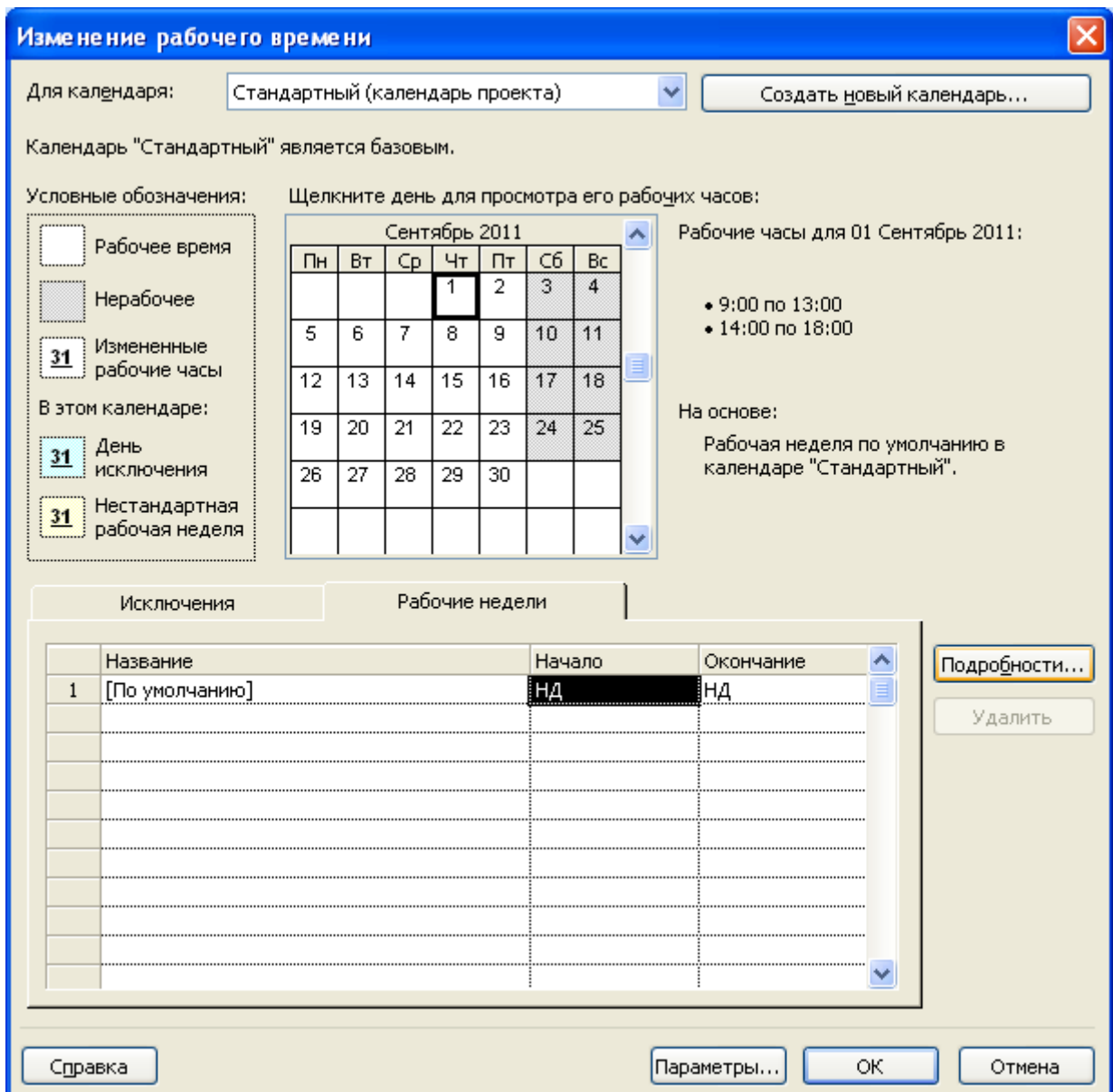


Рисунок 5.20 – Диалоговое окно настройки календаря

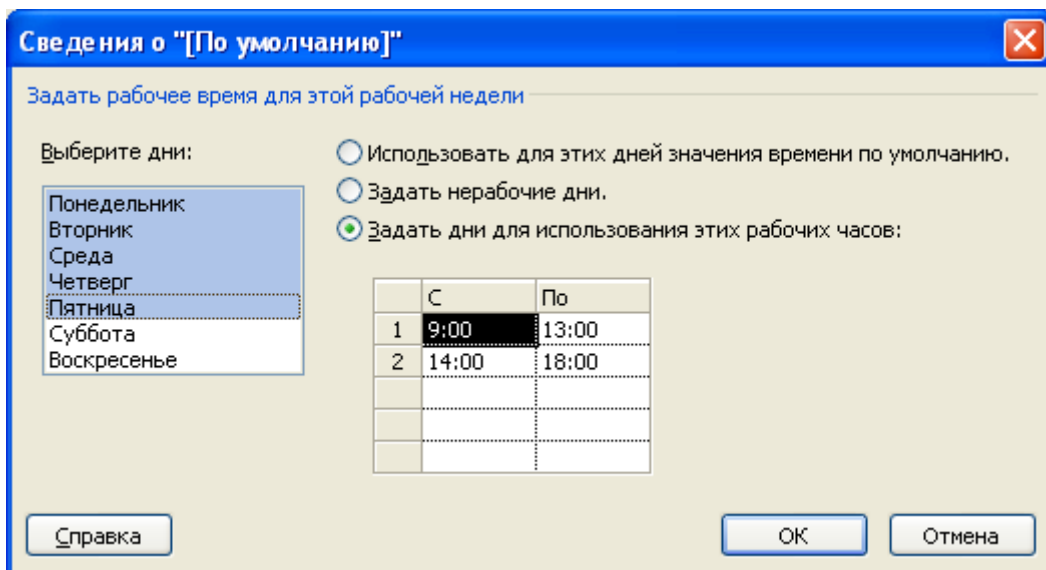


Рисунок 5.21 – Диалоговое окно настройки рабочего времени

Для создания дополнительных праздничных дней необходимо встать на соответствующую дату в календаре (например, 1 сентября) и в рабочей области **Исключение** ввести название праздника (например, День знаний). Щелкнув кнопку **Подробности** можно указать желаемую периодичность (например, ежегодно).

Сведения о "День знаний"

Задайте рабочие часы для этих исключений

Нерабочее время
 Рабочие часы:

	С	По

Повторять

Ежедневно
 Еженедельно
 Ежемесячно
 Ежегодно

в указанный день: 01 Сентябрь

по первым четвергам сентября

Пределы повторения

Начало: Чт 01.09.11

Окончание после 1 повторений

Окончание: Чт 01.09.11

Справка ОК Отмена

Рисунок 5.22 – Добавление в календарь праздничных дней

В результате выполнения указанных действий ежегодно 1 сентября будет считаться в данной компании нерабочим днем. Аналогичным образом необходимо определить официальные государственные праздники.

Приступая к созданию нового проекта необходимо сформировать список работ, которые должны быть выполнены для достижения поставленной цели. Рассмотрим последовательность действий по разработке нового проекта на примере процесса подготовки студентом курсовой работы. Соответствующий комплекс задач представлен в табл.5.7

Таблица 5.7 – Комплекс задач по подготовке студентом курсовой работы

Номер работы	Содержание
1	Ознакомление со списком тем курсовых работ
2	Выбор темы курсовой работы
3	Определение цели и задач курсовой работы
4	Подбор литературы в библиотеке
5	Поиск информации в Интернет
6	Подготовка предварительного плана работы
7	Изучение основных понятий, подготовка теоретического раздела
8	Изучение методов решения поставленной проблемы
9	Анализ методов
10	Разработка алгоритма решения проблемы
11	Сбор исходных данных для выполнения расчетов
12	Выполнение расчетов MS Excel
13	Анализ полученных результатов
14	Подготовка введения и заключения
15	Подготовка списка использованных источников
16	Оформление пояснительной записки в соответствии с требованиями ГОСТ
17	Сдача работы руководителю
18	Подготовка к защите курсовой работы
19	Защита курсовой работы

Далее следует определить время выполнения каждой из работ и их логическую взаимозависимость. Например, задачу «Выполнение расчетов» невозможно выполнить до тех пор, пока не будет выбрана тема курсовой работы, изучен теоретический материал, соответствующие методы и собраны исходные данные. Взаимозависимость между работами определяется путем интуитивно-логического анализа, результаты которого рекомендуется представить в таблице 5.8

Таблица 5.8 – Логическая зависимость работ и планируемая продолжительность

Номер работы	Содержание	Предшествующие работы	Длительность, дн.
1	Ознакомление со списком тем курсовых работ	-	3
2	Выбор темы курсовой работы	1	1
3	Определение цели и задач курсовой работы	2	1
4	Подбор литературы в библиотеке	3	3
5	Поиск информации в Интернет	3	2
6	Подготовка предварительного плана работы	4, 5	1
7	Изучение основных понятий, подготовка теоретического раздела	6	3
8	Изучение методов решения поставленной проблемы	6	5
9	Анализ методов	8	3
10	Разработка алгоритма решения проблемы	7, 9	2
11	Сбор исходных данных для выполнения расчетов	10	3
12	Выполнение расчетов MS Excel	11	3
13	Анализ полученных результатов	12	2
14	Подготовка введения и заключения	13	1
15	Подготовка списка использованных источников	4, 5	1
16	Оформление пояснительной записки в соответствии с требованиями ГОСТ	14, 15	1
17	Сдача работы руководителю	16	1
18	Подготовка к защите курсовой работы	16	3
19	Защита курсовой работы	18	1

Каждая работа может иметь неограниченное количество предшествующих и последующих работ. Типы связей между работами представлены в табл.5.9.

Таблица 5.9 – Типы связей в MS Project 2007

Тип связи	Сокращение	Пояснение
«Окончание – Начало» (Finish to Start)	ОН (FS)	Зависимость, при которой следующая работа не может начаться раньше, чем закончится данная работа.
«Начало – Начало» (Start to Start)	НН (SS)	Тип связи, при которой работы должны выполняться одновременно
«Окончание - Окончание» (Finish to Finish)	ОО (FF)	зависимость, при которой одна работа не может закончиться, пока не завершена другая.
«Начало - Окончание» (Start to Finish)	НО (SF)	Тип связи, при которой одна задача не может закончиться до тех пор, пока не началась другая

По умолчанию в MS Project создается связь типа «Окончание - Начало» (см.рис.5.23).

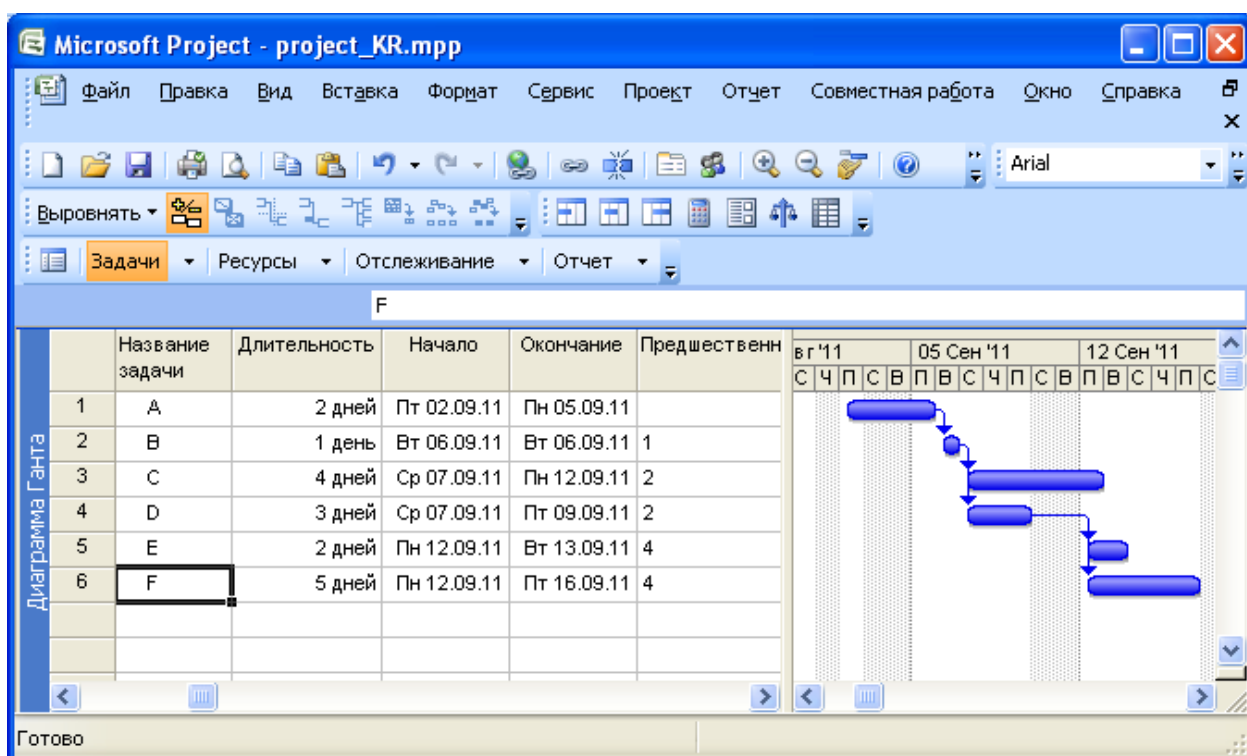


Рисунок 5.23 – Фрагмент диаграммы Ганта (тип связи «Окончание - Начало»)

Для изменения типа связи необходимо дважды щелкнуть по соответствующей стрелке (например, D-E). В появившемся диалоговом окне (см.рис.5.24) определить желаемый тип связи.

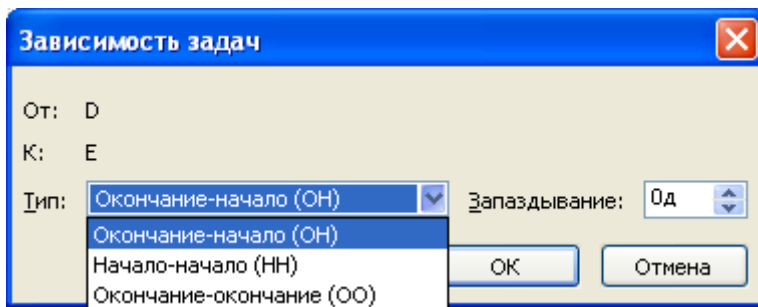


Рисунок 5.24 – Диалоговое окно определения типа связи

Для ввода наименования работ необходимо на панели консультанта выбрать пункт **Задачи**. В результате получим (см.рис.5.25)

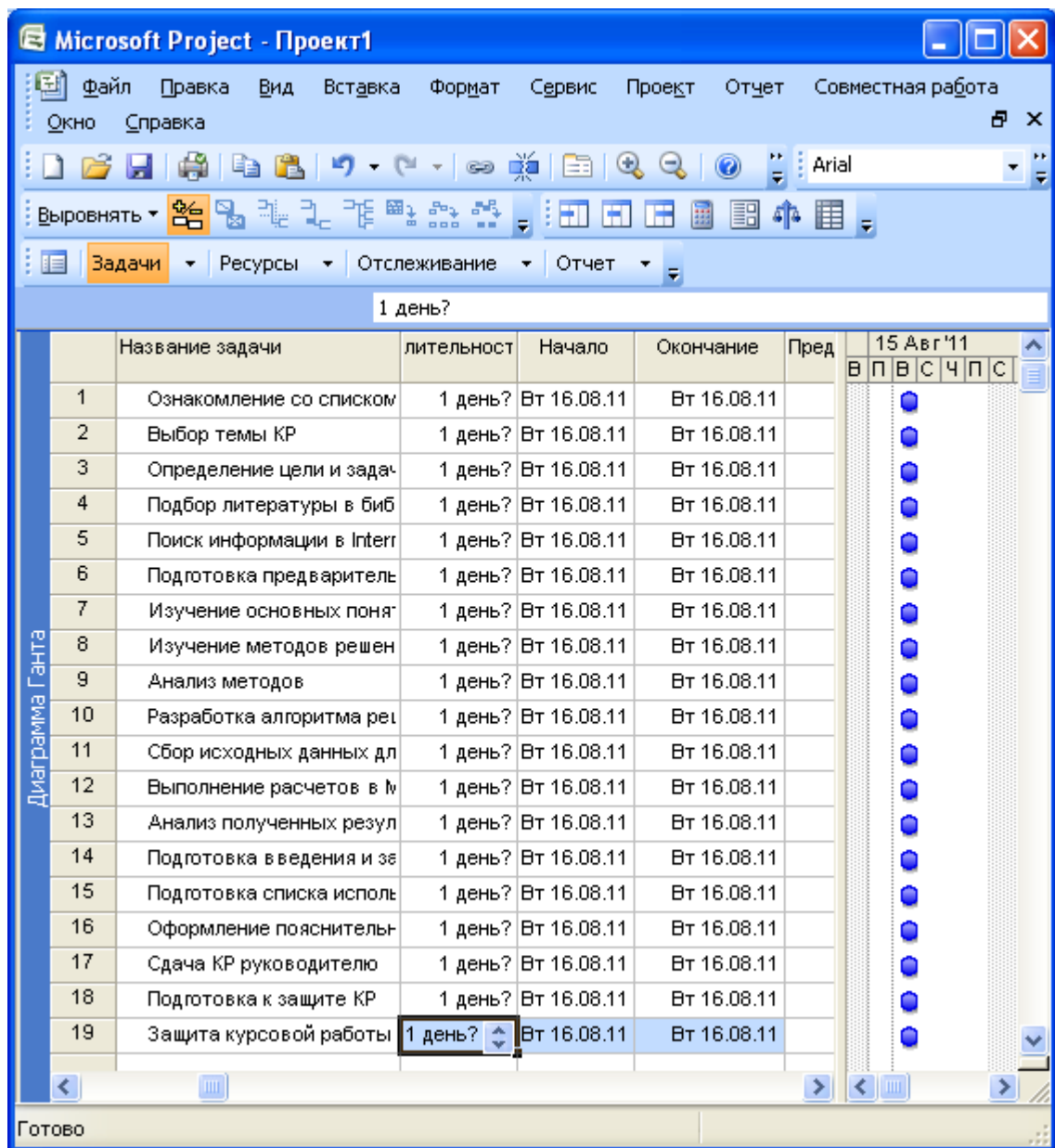


Рисунок 5.26 – Рабочая область ввода задач проекта

По умолчанию напротив каждой работы указывается длительность «1 день?». Вопросительный знак означает, что указанная длительность является приблизительной. После редактирования вопросительный знак исчезает. Ввод значений времени выполнения работ можно выполнять как с клавиатуры, так и с помощью полосы прокрутки. В последующих столбцах автоматически будут изменяться даты начала и окончания соответствующих задач.

Вернувшись к рассматриваемому примеру, предположим, что выдача заданий на курсовую работу предполагается 3 октября 2011 года. Эту дату можно считать моментом начала реализации проекта. Для установки этой даты необходимо в главном меню выбрать пункт **Проект**, а затем **Сведения о проекте**.

Выбор даты в MS Project 2007 также можно осуществлять с помощью календаря. Для этого необходимо щелкнуть маркер рядом с датой, установленной по умолчанию (см.рис.5.27)

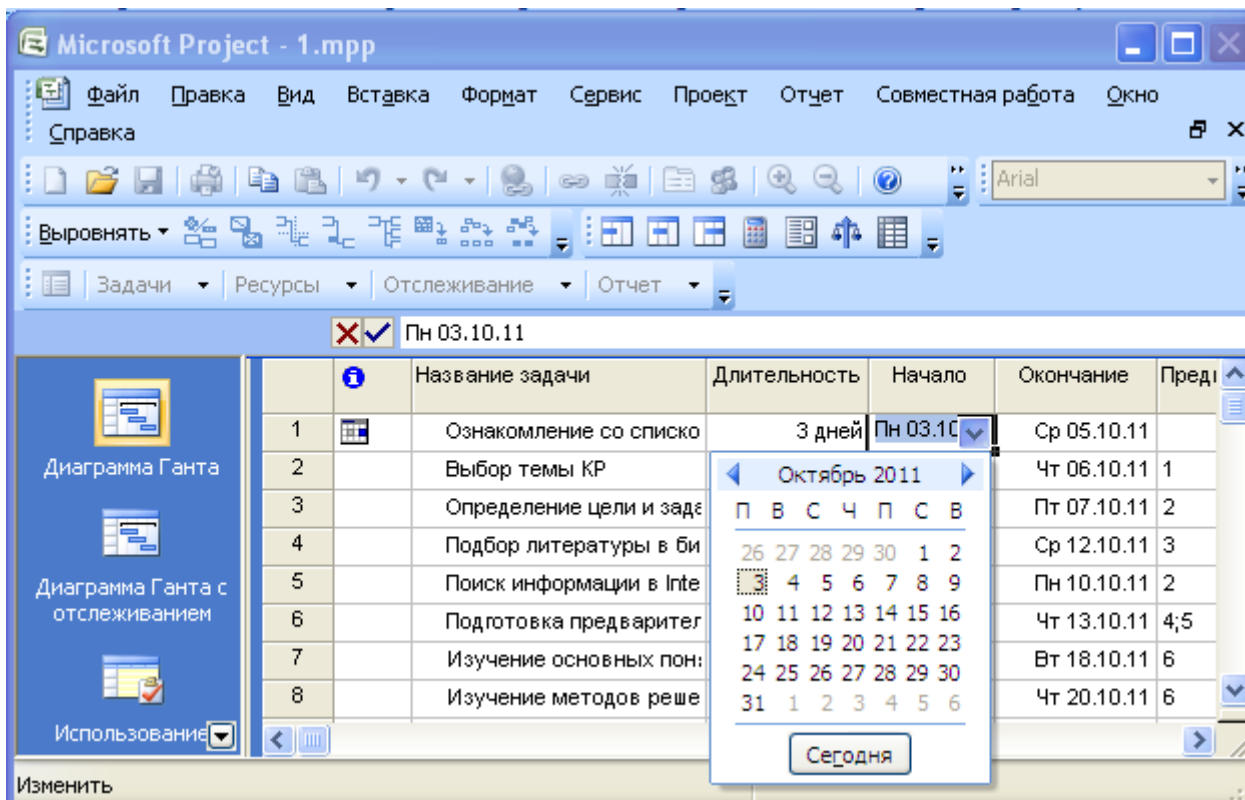


Рисунок 5.27 – Определение даты начала реализации проекта

Для определения даты начала следующих работ необходимо определить логическую взаимосвязь между работами, указав номера предшествующих работ в столбце «Предшественники». Результат представлен на рис. 5.28

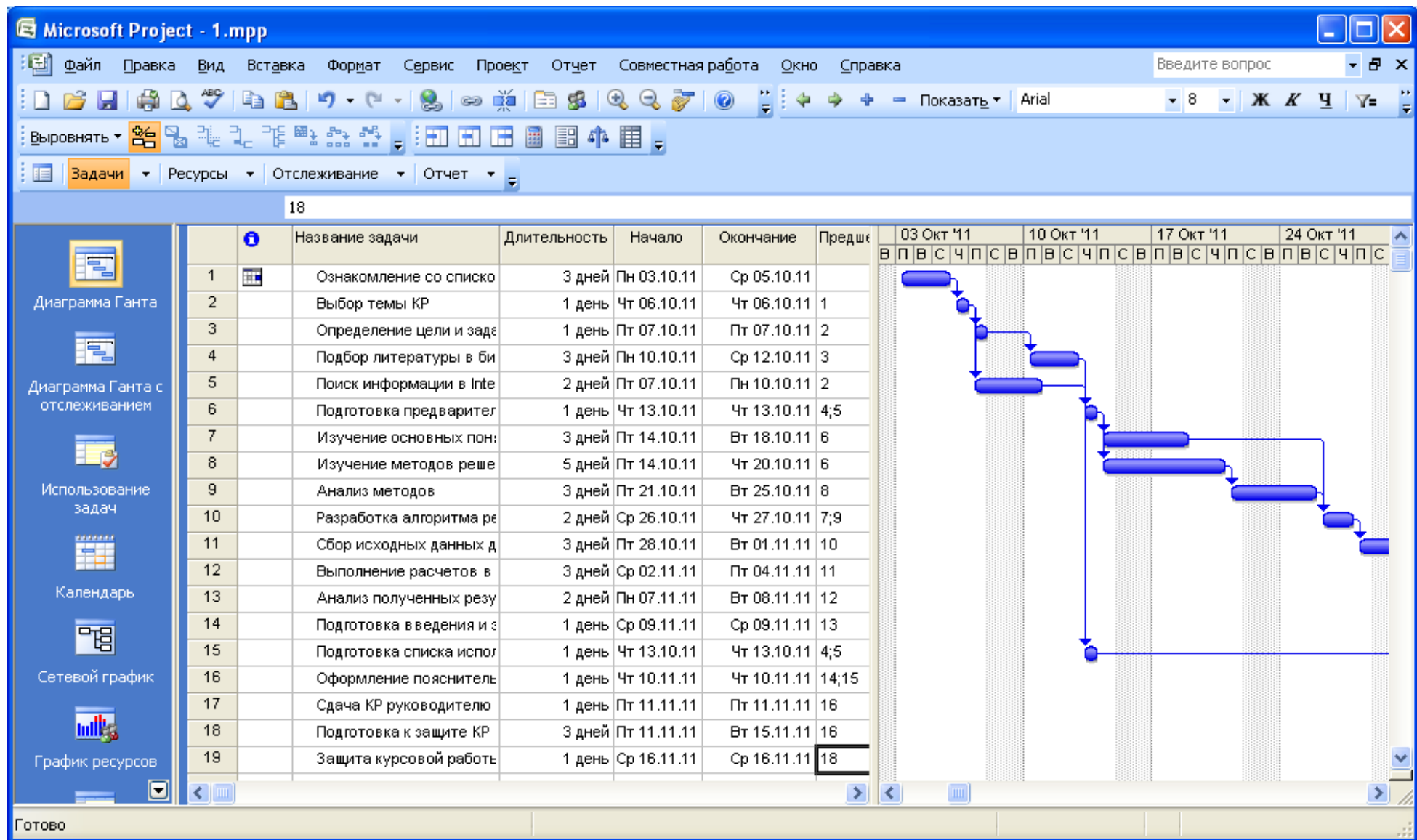


Рисунок 5.28 – Диаграмма Ганта (фрагмент)

При создании проекта рекомендуется задачи структурировать, разбивать их на подзадачи. Формальным признаком необходимости декомпозиции является длительность выполнения более 5 дней и наличие нескольких исполнителей.

Рассмотрим процесс структурной декомпозиции на примере комплекса работ по организации рекламной кампании, включающий следующие этапы:

- 1) разработка концепции рекламной кампании;
- 2) подготовка медиабрифа;
- 3) разработка медиаплана;
- 4) разработка творческого решения;
- 5) производство материалов;
- 6) оценка эффективности рекламной кампании.

Введем их в рабочую область MS Project, предварительно установив дату начала реализации проекта 1 декабря 2011 года. Результат представлен на рис.5.29.

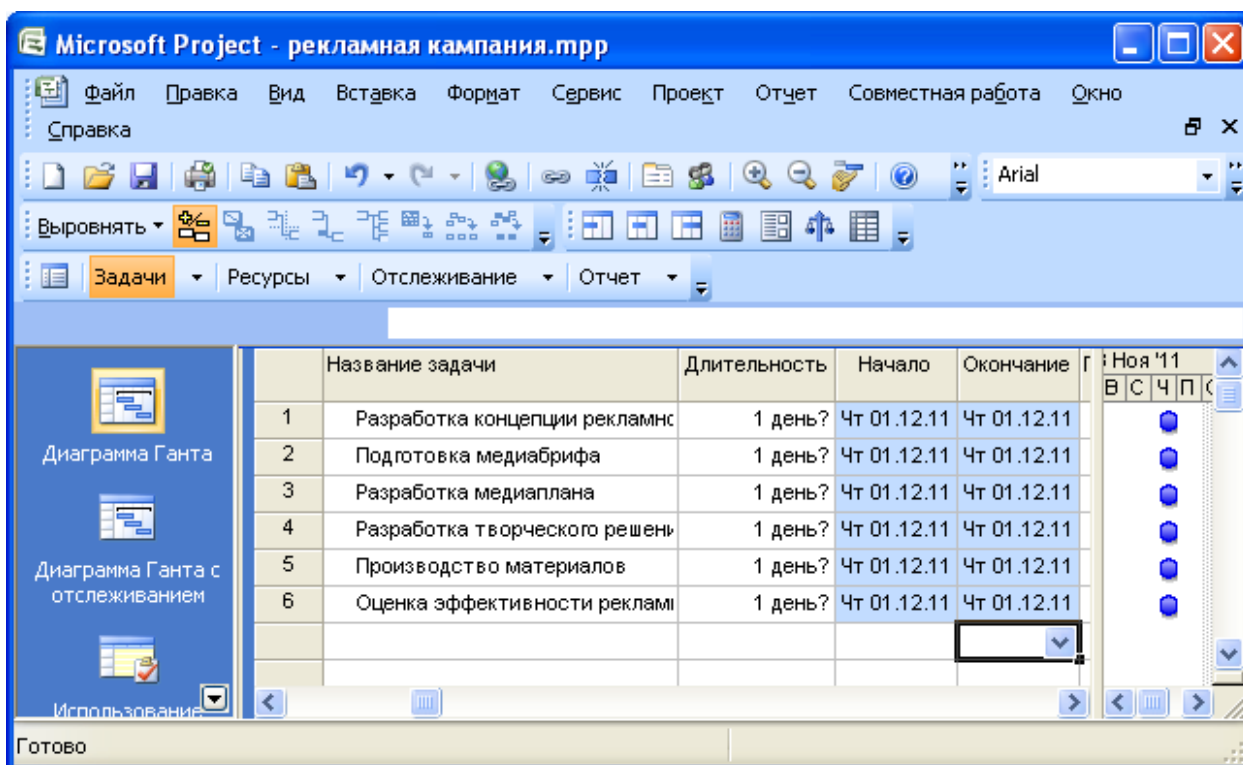


Рисунок 5.29 – Рабочая область ввода задач проекта в MS Project 2007

Очевидно, что указанные этапы реализации проекта являются сложными и предполагают выполнение множества задач. Для повышения точности планирования выполним их структурную декомпозицию. Воспользуемся для этого помощью консультанта, щелкнув кнопку **Задачи**, а затем **«Организация этапов задач»**. Результат представлен на рис.5.30

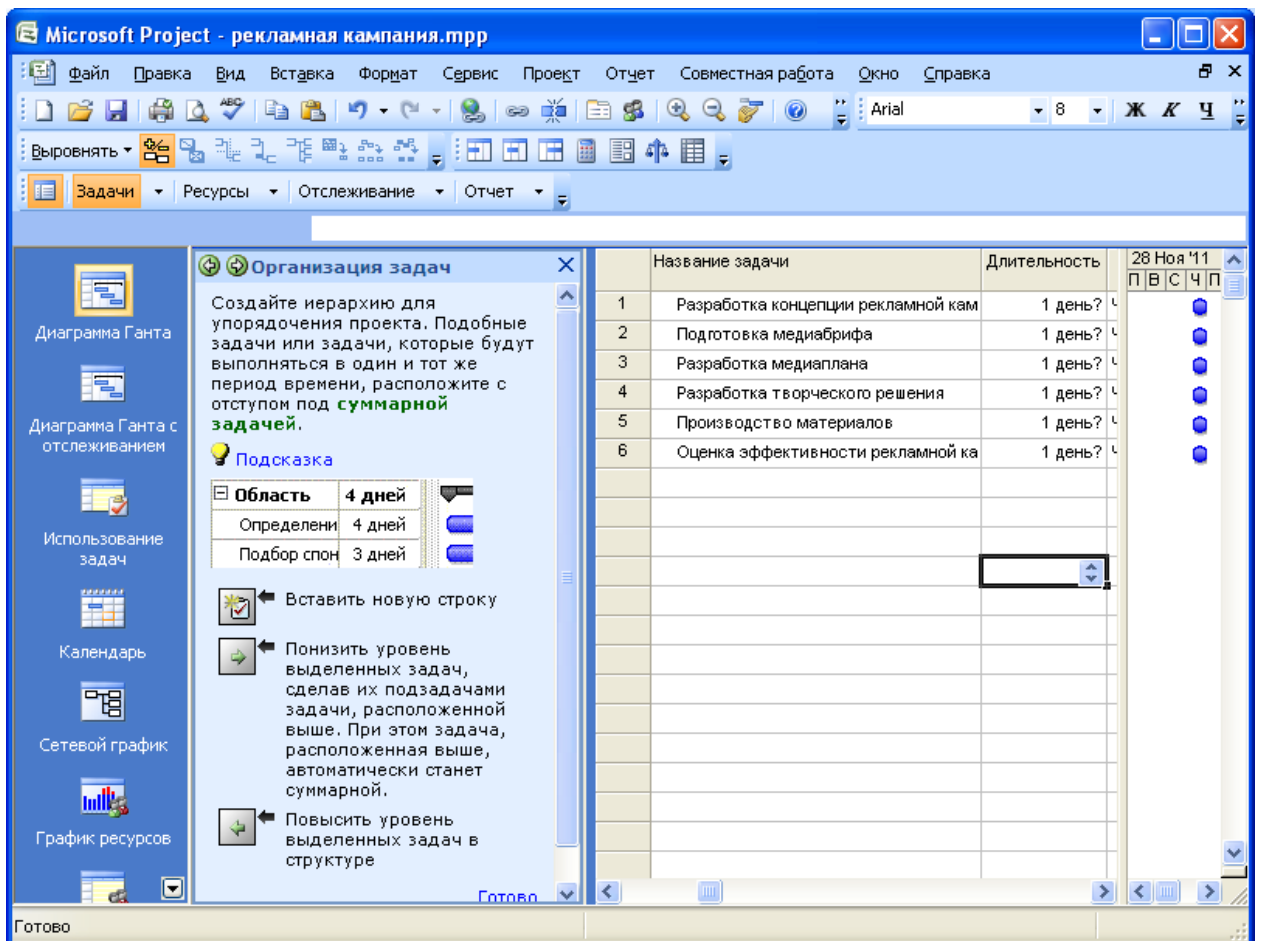
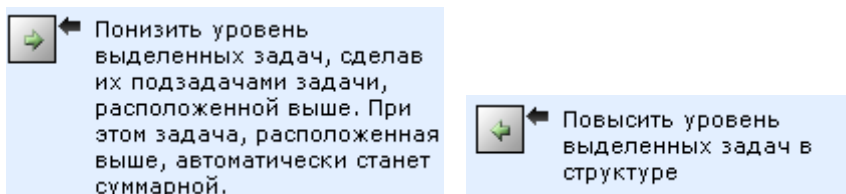


Рисунок 5.30 – Организация задач проекта с помощью панели консультанта

Воспользуемся инструментом «**Вставить новую строку**», расположенным на боковой панели консультанта и введем задачи для каждого из этапов реализации проекта в соответствии с табл.5.10

Для изменения уровня задач могут быть использованы кнопки на панели «Организация задач».



Результат представлен на рис.5.31

Таблица 5.10 – Комплекс работ

Наименование этапа	Комплекс задач
<p>Этап 1. Разработка концепции рекламной кампании</p>	<p>Постановка цели Определение целевой аудитории Анализ медиапотребления Исследование рекламной активности конкурентов Сбор идей Обсуждение и развитие идей Окончательная формулировка идеи рекламной кампании</p>
<p>Этап 2. Подготовка медиабрифа</p>	<p>Выбор каналов распространения рекламы Определение формата рекламных сообщений Определение сроков проведения рекламной кампании Планирование рекламной кампании территориально</p>
<p>Этап 3. Определение бюджета</p>	<p>Разработка медиаплана Выбор типа медиаплана Формирование календарного плана выхода рекламных обращений Поиск тарифов на размещение рекламы Расчет медийных показателей</p>
<p>Этап 4. Разработка творческого решения</p>	<p>Выбор поставщика творческого решения Определения стиля обращения и звукового оформления Подготовка материалов для предварительного тестирования Испытание рекламного обращения Сообщение аналитикам сведений о предварительном тестировании Совершенствование творческого решения</p>
<p>Этап 5. Производство материалов</p>	<p>Выбор поставщика Отправка материалов Изготовление материалов Распространение материалов</p>
<p>Этап 6. Оценка эффективности рекламной кампании</p>	<p>Разработка метрик успешности рекламной кампании Сбор информации Выполнение расчетов Анализ результатов Генерация идей для будущих рекламных кампаний Подготовка отчета</p>

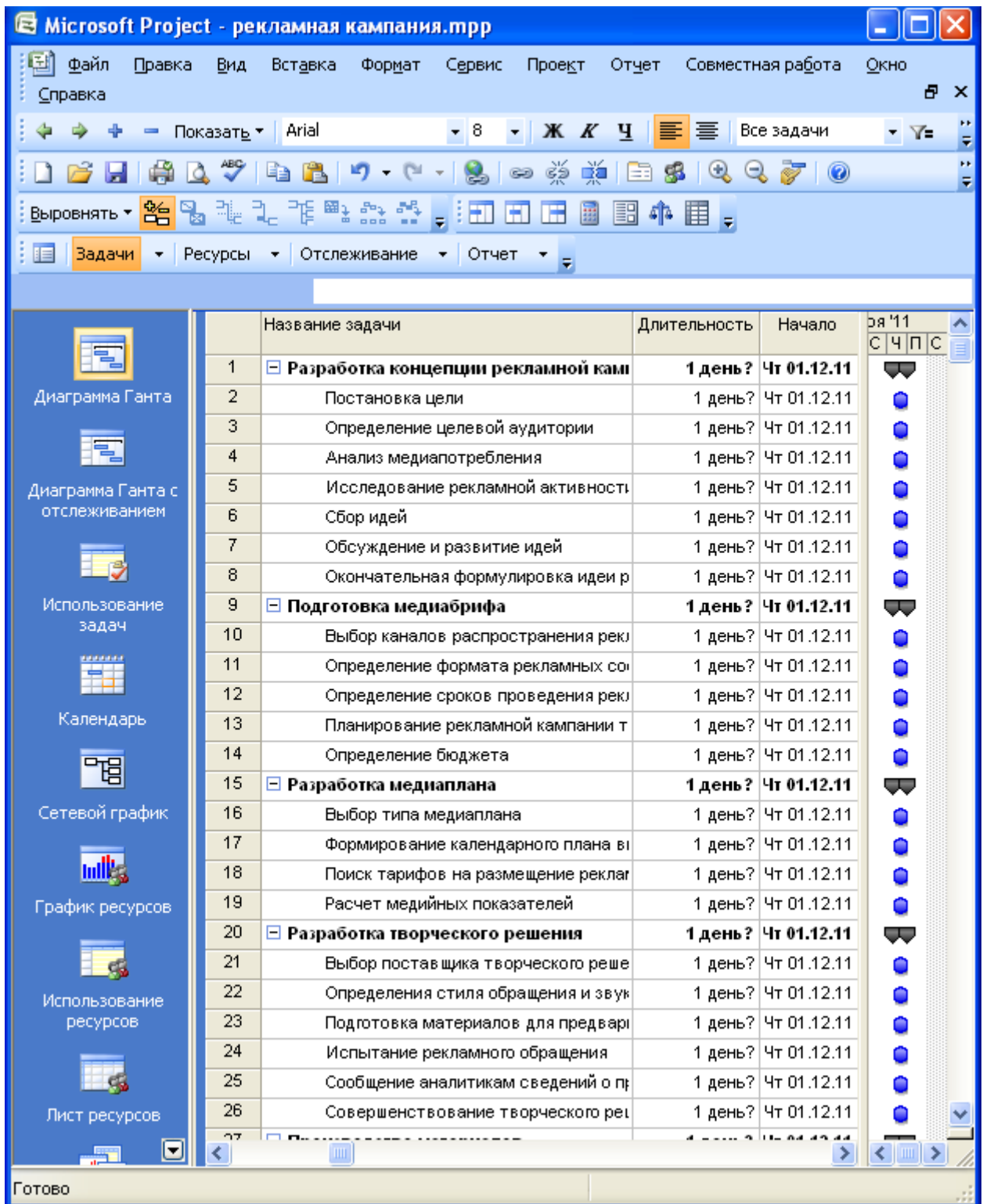


Рисунок 5.31 – Результат структурной декомпозиции комплекса работ

Далее необходимо определить длительность каждой задачи и их логическую взаимосвязь, указав номера предшествующих работ. После этого MS Project автоматически пересчитает даты начала и окончания работ и их графическое расположение.

Каждый этап реализации проекта в MS Project называется **фазой**, а завершающая задача отдельного этапа называется **вехой**. Веха – это

контрольная точка, означающая, что достигнут определенный промежуточный результат проекта. Обычно в списке задач в MS Project вехи формулируются так: разработано, утверждено, завершено, подписано. Также принято в конце каждой фазы (суммарной задачи) ставить «техническую» веху, даже если по смыслу в конце этой группы не подписывается никаких документов. Она предназначена для обозначения завершения фазы, что облегчает отслеживание хода реализации проекта. Веха не имеет длительности. Поэтому самый простой способ пометить задачу как веху – в столбце **Длительность** поставить 0, т.е. задать нулевую длительность. MS Project изменит оформление такой задачи в диаграмме (по умолчанию она будет обозначена ромбом). Существует и другой способ. Для пометки задачи как вехи следует открыть окно **Сведения о задаче** (например, двойным щелчком по задаче) и на вкладке **Дополнительно** поставить флажок **Пометить задачу как веху** и нажать **ОК** (см.рис.5.32)

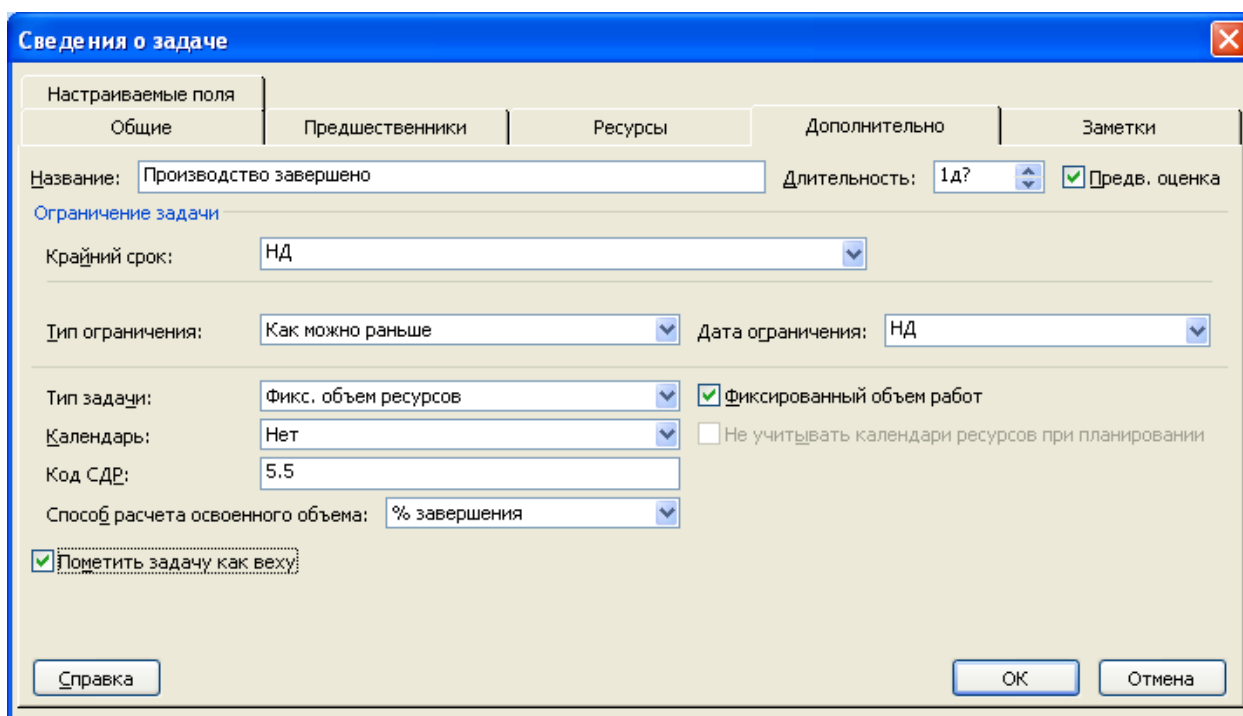


Рисунок 5.32 – Диалоговое окно определения сведений о задаче

Вернемся к рассматриваемому примеру и добавим для каждой фазы проекта веху с формулировками:

- разработка концепции завершена,
- подготовка медиабрифа завершена,
- разработка медиаплана завершена,
- разработка творческого решения завершена,
- производство завершено,
- оценка эффективности рекламной кампании завершена.

Результат представлен на рис.5.33 и рис.5.34.

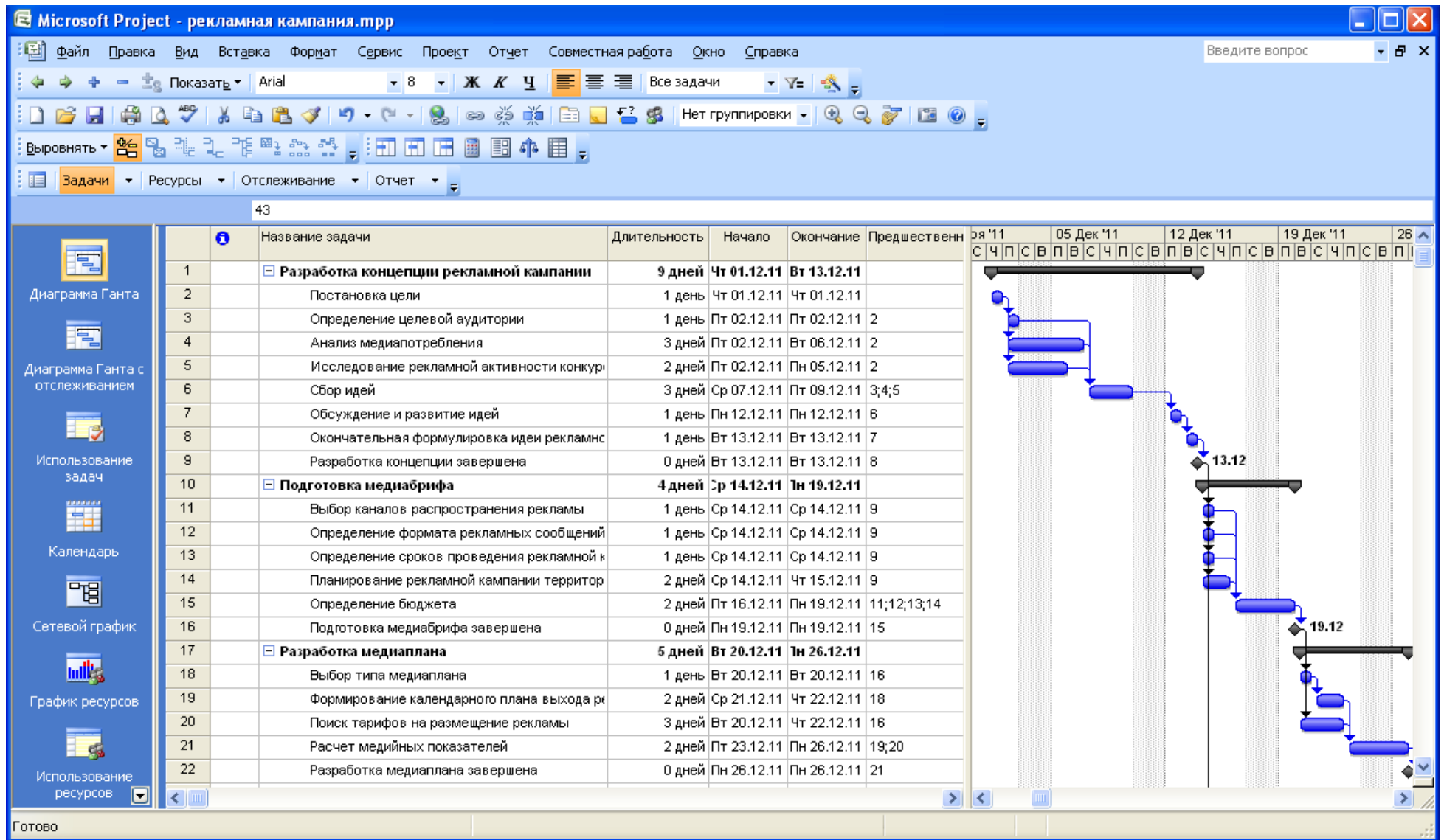


Рисунок 5.33– Диаграмма Ганта (фрагмент)

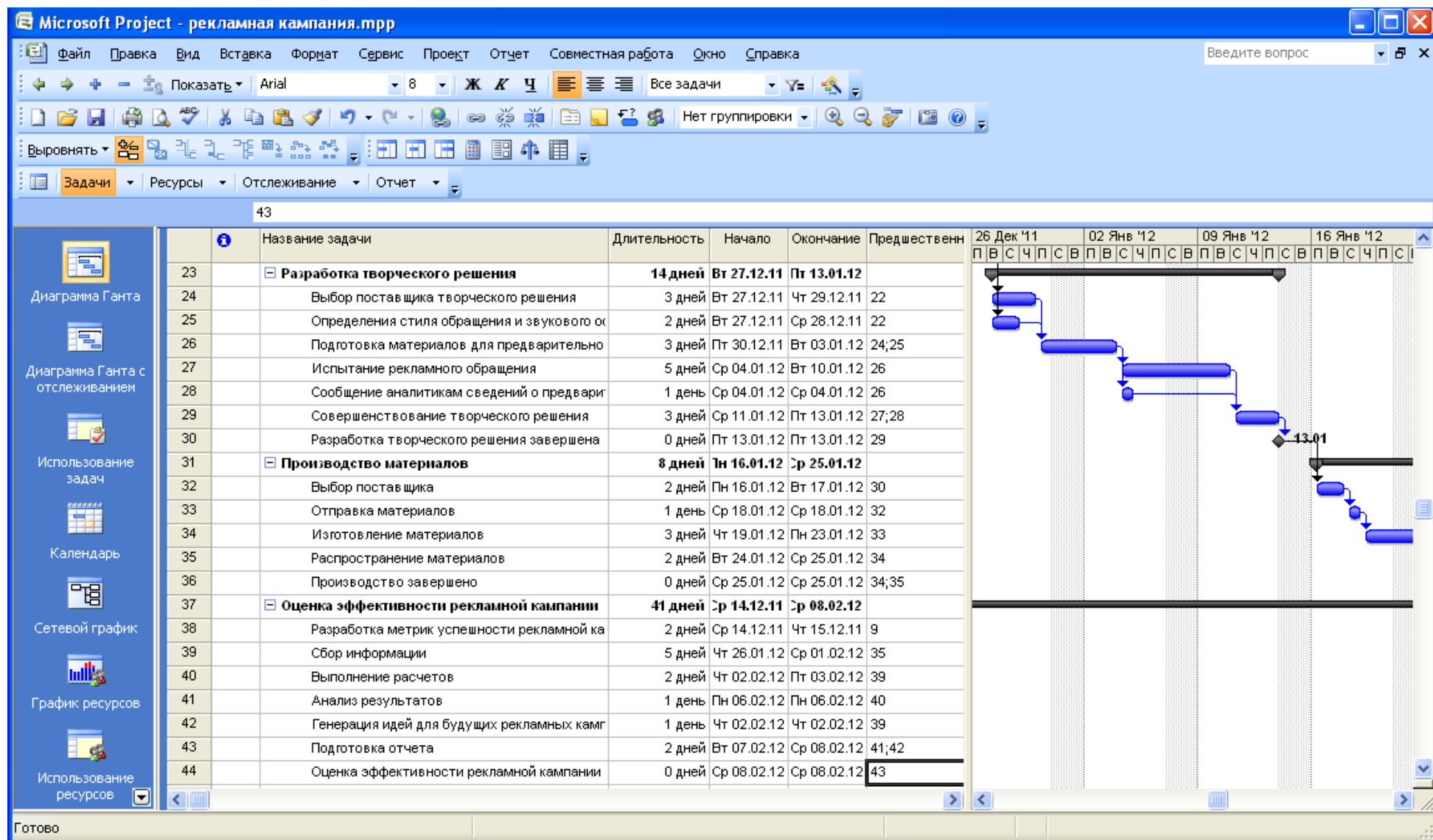


Рисунок 5.34 – Диаграмма Ганта (фрагмент)

Приведенный на рис.5.33-5.34 вариант представления сетевого графика называется диаграммой Ганта. Это наиболее распространенный способ визуализации в MS Project. Элементами диаграммы Ганта являются настраиваемые отрезки, каждый из которых может включать три элемента: точка начала, точка окончания и промежуточная часть. Длина отрезков пропорциональна их длительности. По умолчанию задачи состоят только из промежуточной части. Рядом с отрезками может отображаться дополнительная информация.

Форматирование диаграммы Ганта

MS Project 2007 содержит большой набор средств форматирования диаграммы Ганта. Они позволяют:

- изменять форму и цвет составляющих диаграмму фигур;
- определять, какая проектная информация отображается на диаграмме рядом с фигурами;
- отображать дополнительную графическую информацию (отклонение от базового плана и пр.);
- форматировать шкалу времени (тем самым уменьшая или увеличивая масштаб отображения плана проекта).

Настройка формы и цвета элементов диаграммы определяется в диалоговом окне форматирования отрезков. Открывается оно после двойного щелчка на элементе диаграммы, который требуется отформатировать (рис.5.35)

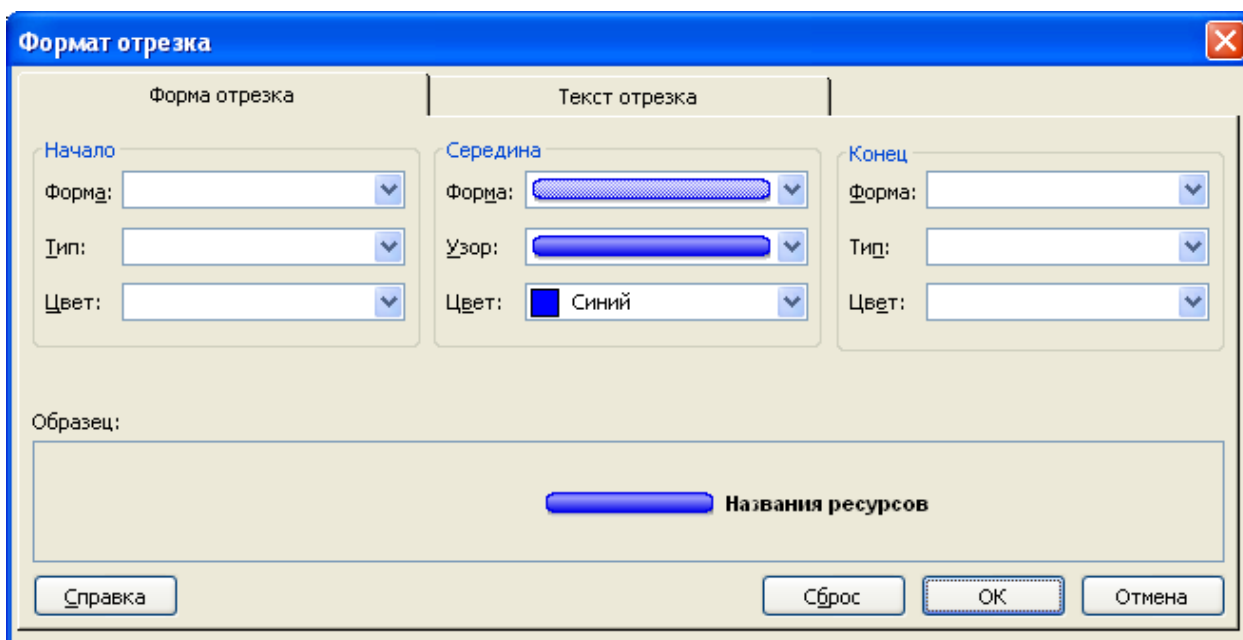


Рисунок 5.35 – Диалоговое окно форматирования отрезков диаграммы Ганта

Рядом с отрезком возможно отображать разнообразную текстовую информацию. Чтобы определить, какая текстовая информация будет

выведена рядом с той или иной фигурой диаграммы, нужно щелкнуть на ней два раза и в открывшемся диалоговом окне форматирования элемента диаграммы перейти на вкладку **Текст отрезка**.

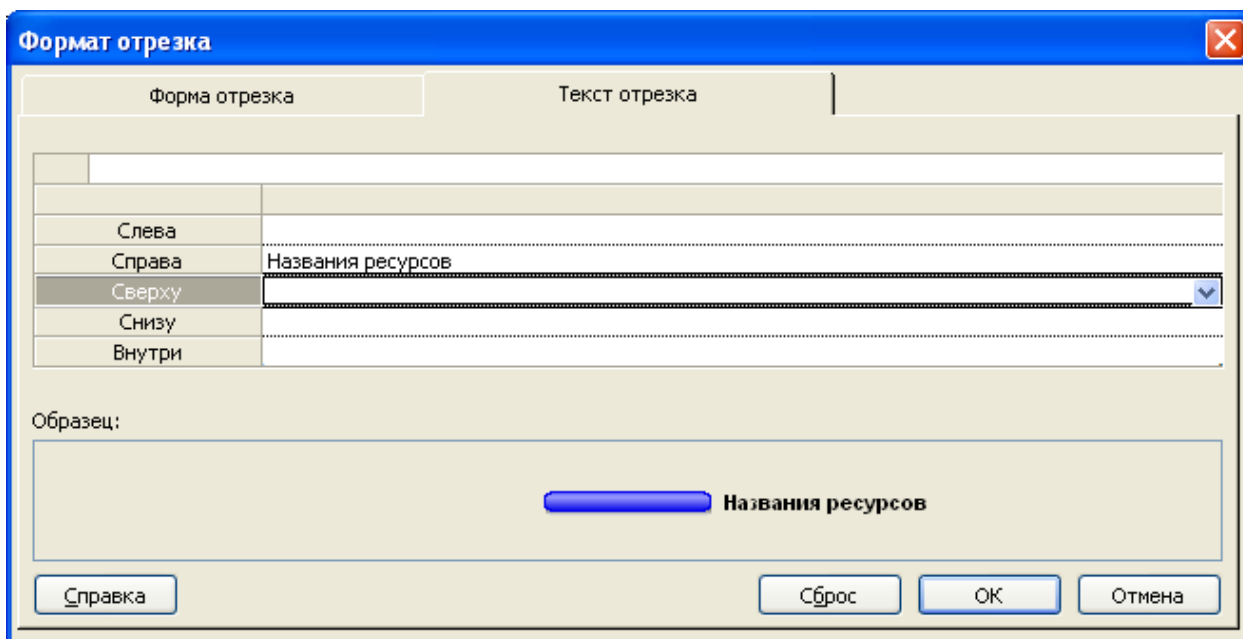


Рисунок 5.36 – Вывод подписей на диаграмме Ганта

Текстовая информация, выводимая рядом с отрезком, является значением одного из столбцов «внутренней» таблицы. Поэтому для определения отображаемой рядом с отрезком информации нужно выбрать названия соответствующих столбцов. Значения столбцов могут отображаться в разных позициях относительно отрезка: слева, справа, сверху, снизу или внутри него.

В каждой из позиций можно выбрать для отображения любой столбец. Для того чтобы определить, в какой позиции будет отображено значение столбца, нужно установить курсор в строку с названием позиции и в раскрывающемся списке выбрать название столбца. Например, на рис.5.36 поле **Названия ресурсов** выбрано в строке с названием Справа, следовательно, значения из этого поля будут отображаться справа от отрезка. Просмотреть, как сделанные изменения повлияют на внешний вид отрезка, можно в области **Образец**. Достаточно часто возникает задача форматирования внешнего вида сразу всех задач плана или задач определенного типа (например, завершающих). В этом случае рекомендуется воспользоваться приемами группового форматирования отрезков.

Форматирование шкалы времени

Отрезки на диаграмме Ганта имеют размер равный числу минимальных единиц измерения шкалы, содержащихся в длительности задачи. Например, если минимальная единица длительности составляет 1 день, то задача продолжительностью неделю на диаграмме будет представлена отрезком

длиной в 7 единиц. Если же в качестве минимальной единицы выбрана неделя, то задача будет представлена отрезком длиной только в 1 единицу. Для изменения масштаба необходимо в главном меню программы выбрать пункт **Формат**, а затем **Шкала времени** или выполнив двойной щелчок по шкале времени. В появившемся диалоговом окне имеется четыре вкладки: Верхний уровень, Средний уровень, Нижний уровень и Нерабочее время. Название уровня указывает на порядок отображения на временной шкале: нижний уровень отображается под средним, а средний — под верхним. Каждый из уровней содержит единицы измерения, при этом единицы уровня, расположенного ниже, должны быть не больше единиц более высокого уровня. Например, если средний уровень разделен на месяцы, то нижний должен быть разделен на месяцы, недели, дни, часы или минуты, но не года. Для определения требуемого количества уровней необходимо на вкладке **Верхний уровень** в поле **Отображать** выбрать желаемую настройку.

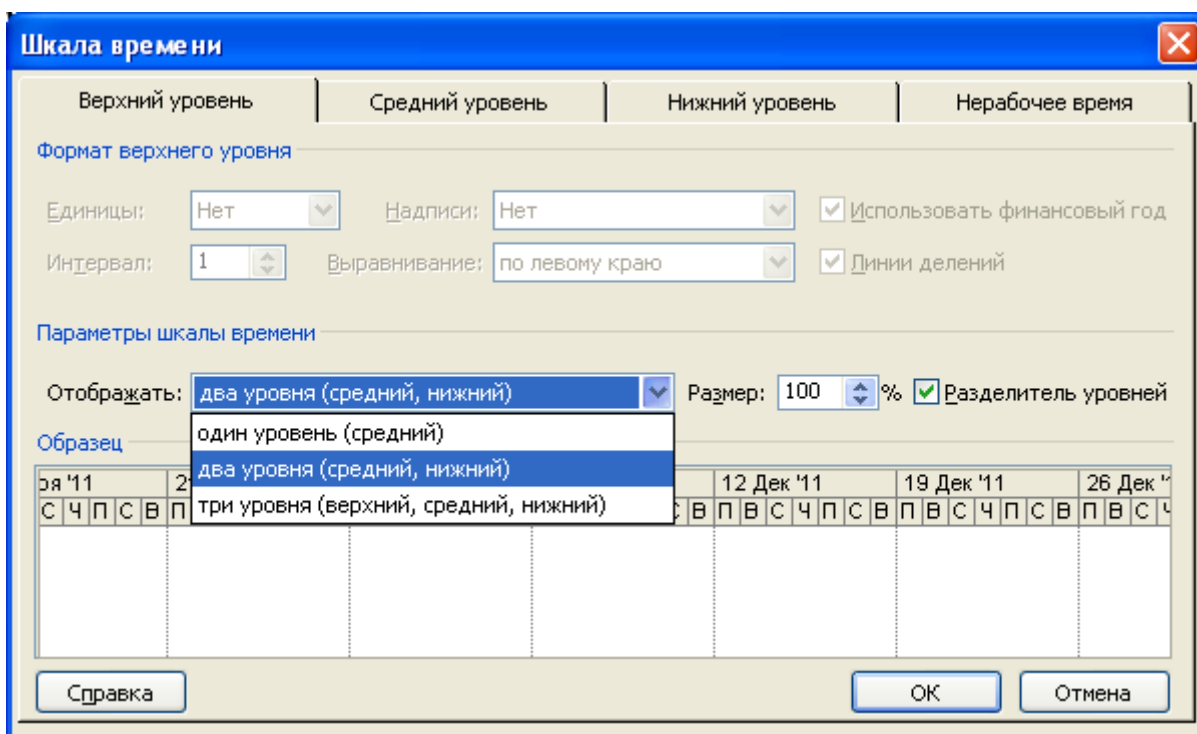


Рисунок 5.37 – Диалоговое окно определения параметров шкалы времени

Диаграммы Ганта, включающие большое количество работ сложно просматривать без вспомогательных линий. Вертикальные вспомогательные линии позволяют быстро соотнести отрезок с временной шкалой, а горизонтальные линии — с задачей в списке. По умолчанию на диаграмме отображаются только вертикальные линии, отделяющие недели друг от друга (см. рис.5.37), но зачастую для удобства просмотра диаграммы требуется отобразить и другие линии. Для настройки параметров отображения вспомогательных линий необходимо в главном меню программы выбрать пункт **Формат**, а затем **Сетка**.

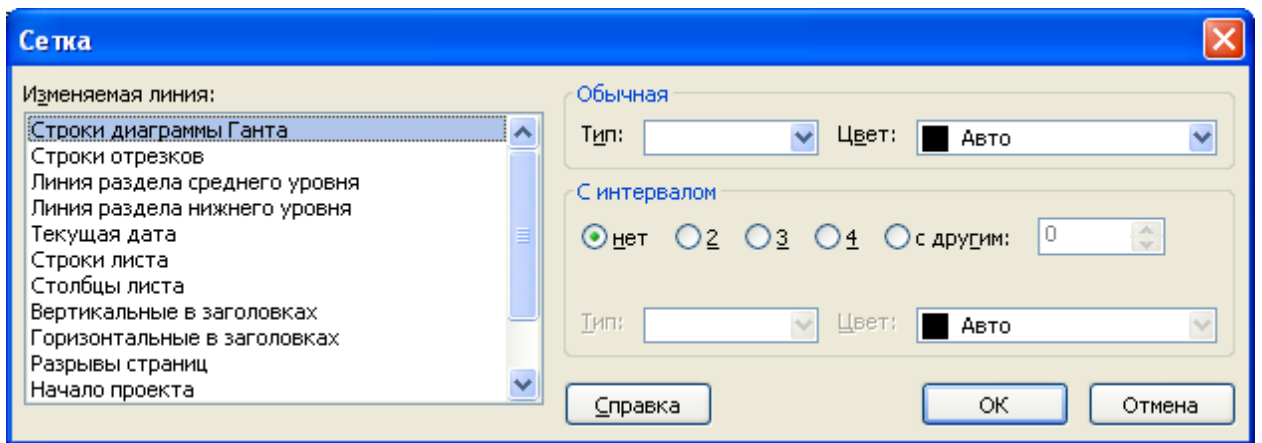


Рисунок 5.38 – Диалоговое окно форматирования сетки диаграммы Ганта

Настройка параметров диаграммы не ограничивается определением параметров отображения отрезков на ней. Диалоговое окно **Макет** позволяет определить некоторые ее дополнительные свойства, общие для всех размещенных на ней отрезков.

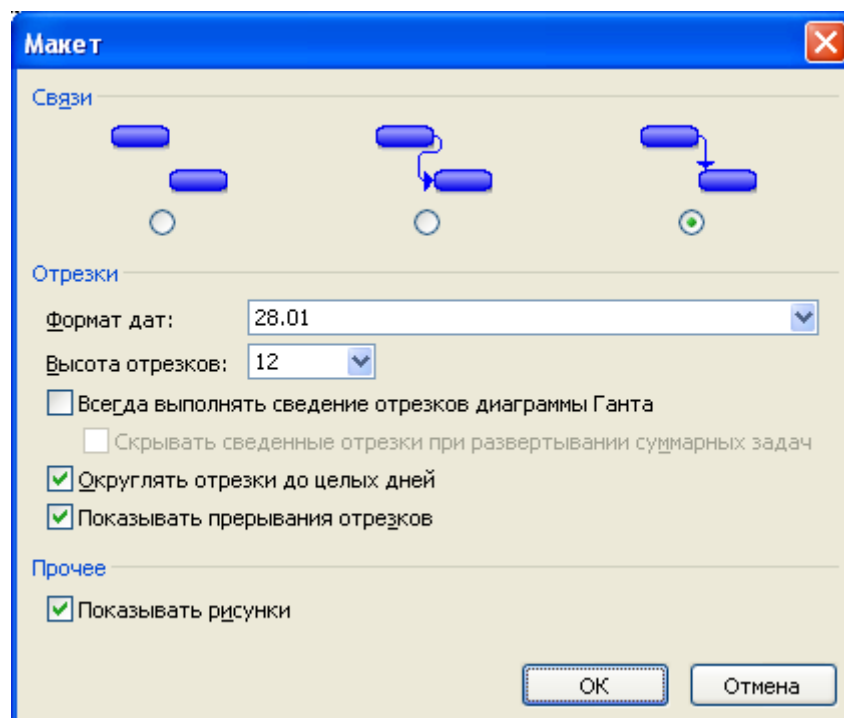


Рисунок 5.39 – Диалоговое окно настройки параметров диаграммы Ганта

Для вызова диалогового окна настройки параметров диаграммы Ганта необходимо в главном меню выбрать пункт **Формат**, а затем **Макет**. Для быстрой настройки параметров диаграммы Ганта в MS Project 2007 имеется специальный компонент — Мастер диаграмм Ганта. Для его вызова необходимо в главном меню программы выбрать пункт **Формат**, а затем **Мастер диаграмм Ганта**.

Работа мастера включает нескольких шагов, на которых нужно последовательно определять основные параметры настраиваемой диаграммы. Для перемещения между шагами используются кнопки **Вперед** и **Назад**.

Первый шаг содержит приветствие. На втором шаге (рис.5.40) пользователь должен определить, какую информацию необходимо отображать на диаграмме.

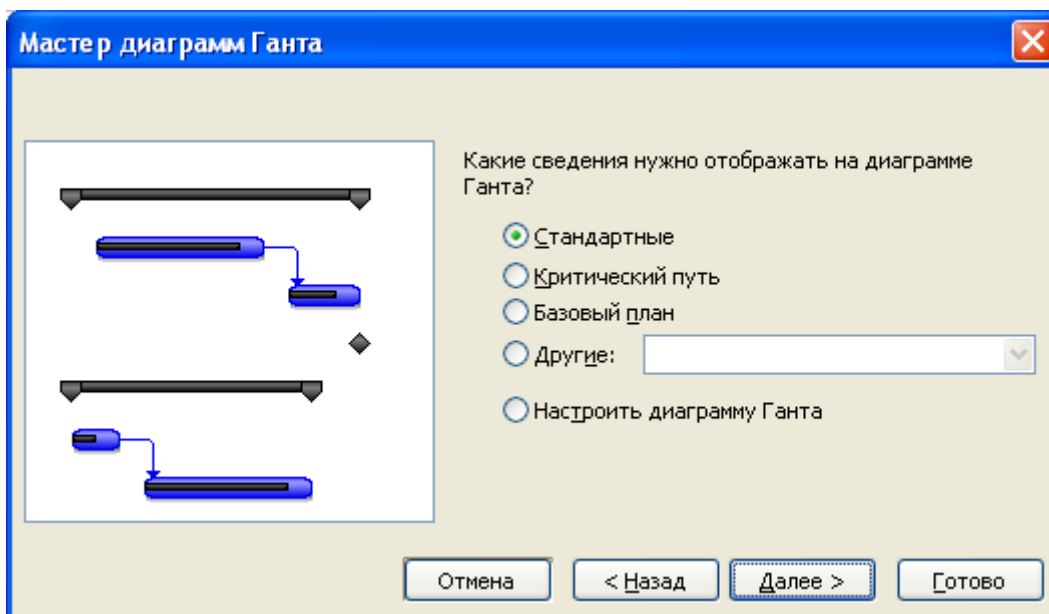


Рисунок 5.40 – Диалоговое окно мастера диаграмм Ганта (шаг 2)

Мастер предлагает три варианта:

- **Стандартные** (соответствует обычному формату диаграммы, используемому при создании нового проекта);
- **Критический путь** (отображается обычная диаграмма, на которой выделены цветом критические задачи);
- **Базовый план** (отображается диаграмма с совмещением отрезков, соответствующих исходному плану, и отрезков, отображающих фактический ход работ).

На следующих этапах пользователь должен определить, какие сведения о задачах необходимо отображать на отрезках диаграммы Ганта (см.рис.5.41), а также необходимость отображения линий связи между задачами (см.рис.5.42)

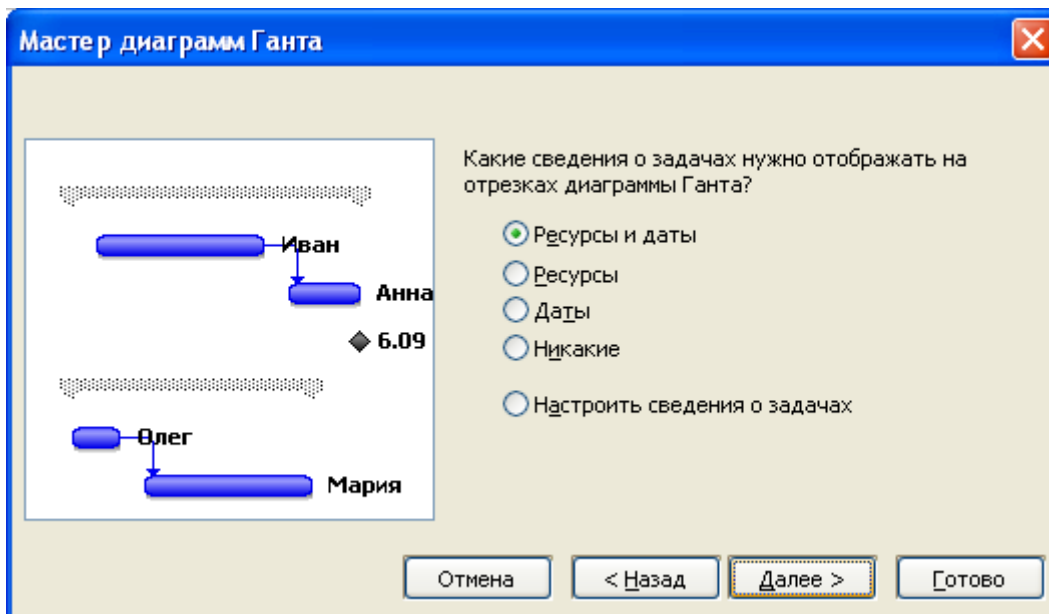


Рисунок 5.41 – Диалоговое окно мастера диаграмм Ганта (шаг 3)

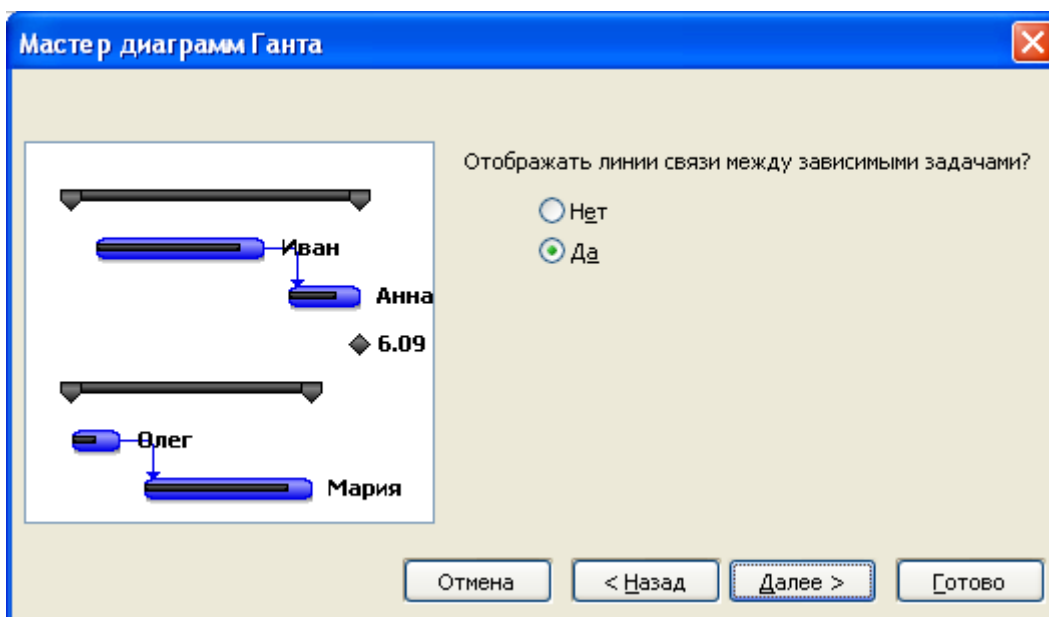


Рисунок 5.42 – Диалоговое окно мастера диаграмм Ганта (шаг 4)

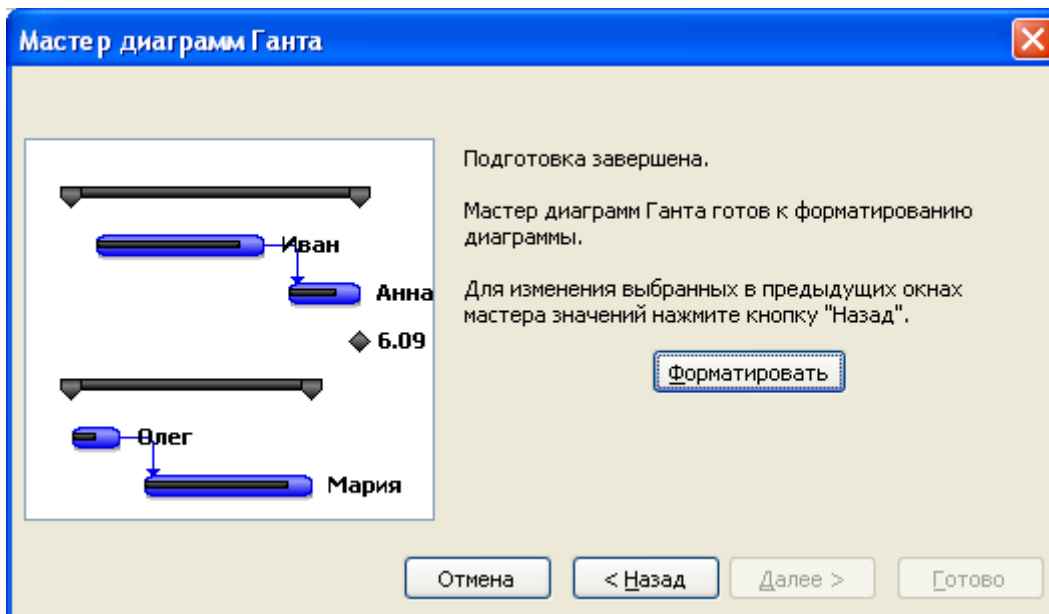
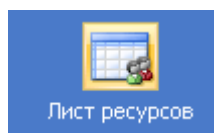


Рисунок 5.43 – Итоговое окно мастера диаграмм Ганта

После того как составлен список задач, определена логическая последовательность их выполнения необходимо определить, какие виды ресурсов необходимы для их реализации. MS Project позволяет назначать ресурсы каждой задаче и отслеживать уровень их загрузки.

Вернемся к рассматриваемому примеру и назначим ресурсы для каждой из задач. Существует несколько вариантов ввода данных, наиболее удобным инструментом является таблица **Ввод** на **Листе ресурсов**. Для этого необходимо на **Панели представлений** выбрать пиктограмму **Лист ресурсов**.



Рабочая область Листа ресурсов содержит ряд полей:

- поле **Название ресурса** предназначено для ввода их наименований;
- поле **Тип** предполагает определение вида ресурса: материальный или трудовой;
- в поле **Группа** может быть указана профессиональная принадлежность или наименование подразделения для трудовых ресурсов, для материальных ресурсов – название группы материалов.

Фрагмент рабочей области Листа ресурсов представлен на рис.5.44

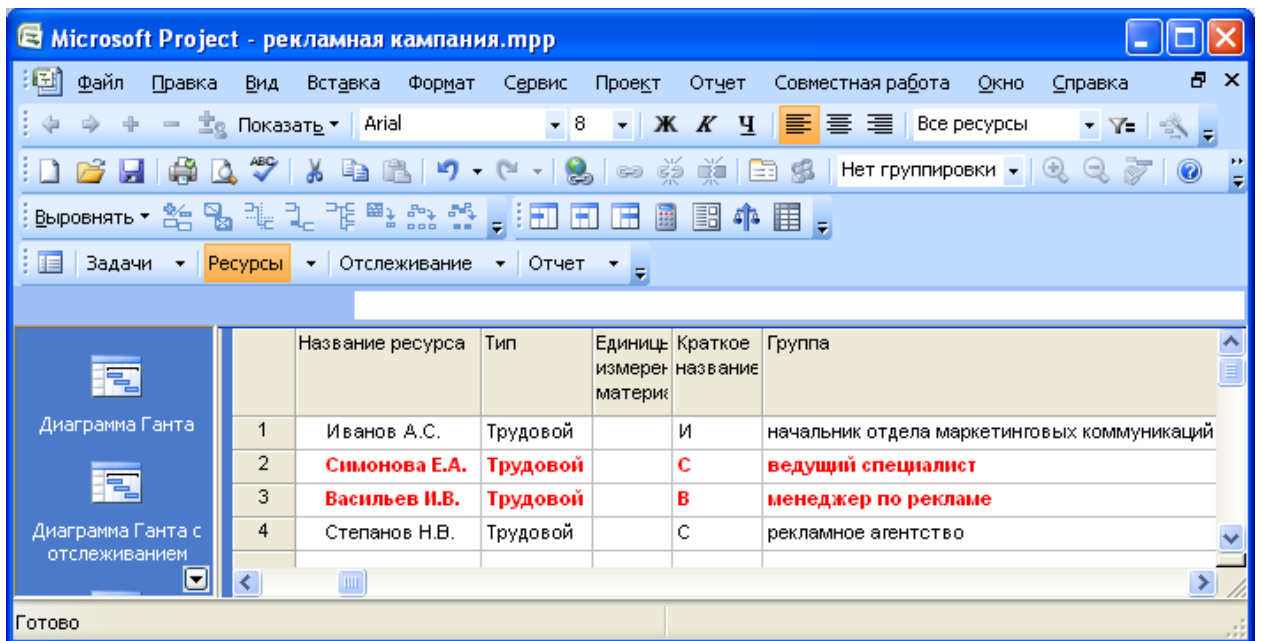


Рисунок 5.44 – Лист ресурсов (фрагмент)

Стоимость ресурсов определяется в соответствующих столбцах таблицы на Листе ресурсов или в окне **Сведения о ресурсе**. Для вызова окна **Сведения о ресурсе** необходимо выполнить двойной щелчок на названию ресурса. Для примера выполним двойной щелчок мыши по ячейке с названием ресурса Иванов А.С. В результате появится диалоговое окно (см. рис.5.45).

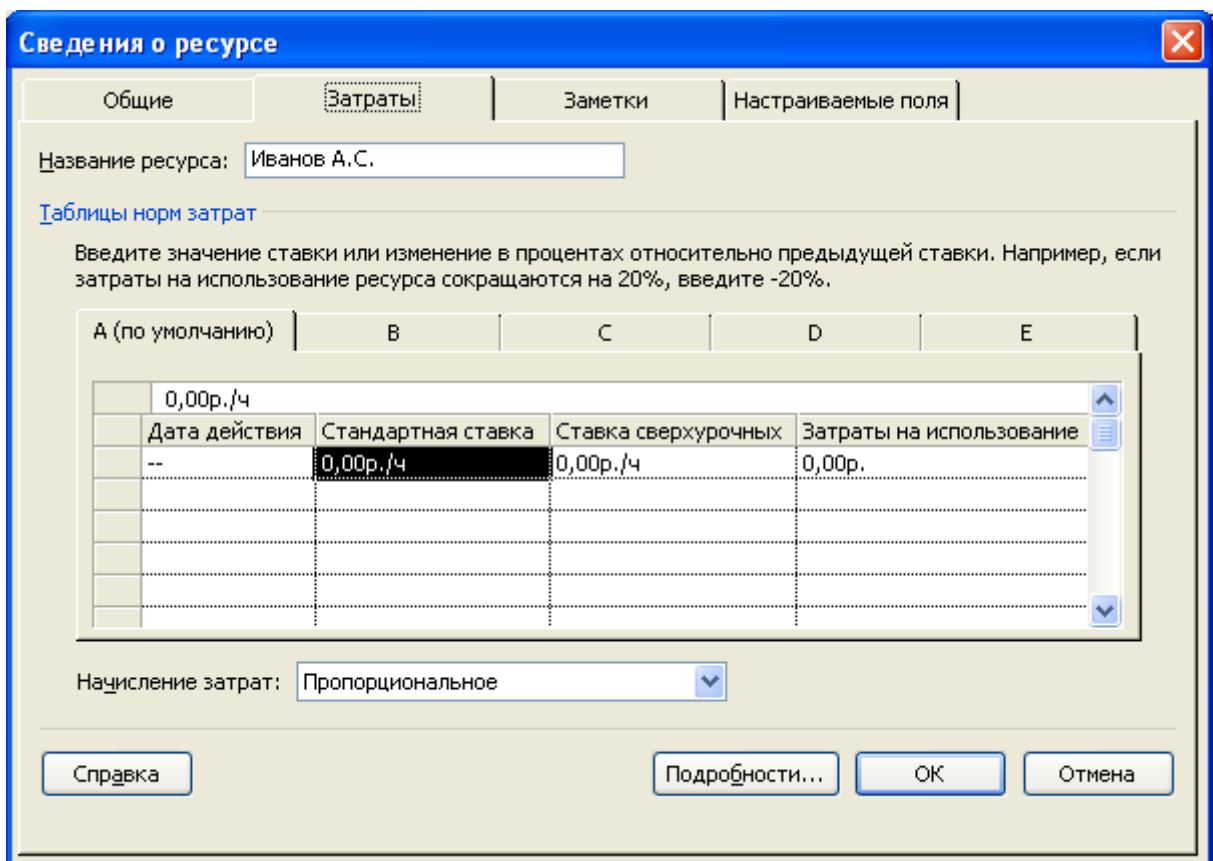


Рисунок 5.45 – Окно ввода сведений о ресурсе

На вкладке **Затраты** может быть указана **стандартная ставка** стоимости ресурсов в единицу времени, а также **ставка сверхурочных**. Для примера установим стандартную ставку 35 000 руб., а ставку сверхурочных – 350 руб./ч. (см.рис.5.46)

Сведения о ресурсе

Общие | **Затраты** | Заметки | Настраиваемые поля

Название ресурса: Иванов А.С.

Таблицы норм затрат

Введите значение ставки или изменение в процентах относительно предыдущей ставки. Например, если затраты на использование ресурса сокращаются на 20%, введите -20%.

А (по умолчанию)	В	С	Д	Е
35 000,00р./мес				
Дата действия	Стандартная ставка	Ставка сверхурочных	Затраты на использование	
--	35 000,00р./мес	350,00р./ч	0,00р.	

Начисление затрат: Пропорциональное

В начале
Пропорциональное
По окончании

Справка | Сбросить... | ОК | Отмена

Рисунок 5.46 – Ввод стоимости использования ресурса

В нижней области окна может быть указан способ начисления затрат (пропорциональное начисление, в начале или по окончании выполнения работ). На вкладке **Общие** может быть указан период доступности ресурсов.



Оптимизация сетевого графика в MS Project 2007

После формирования комплекса работ, определения их логической взаимосвязи, длительности и стоимости выполнения создание проекта не заканчивается. Далее необходимо оценить, выполняет ли план нашим ожиданиям, будет ли достигнута цель по окончании его реализации. Возможны ситуации, когда стоимость выполнения комплекса работ слишком высока или время реализации превышает установленный нормативный срок. В этом случае план нужно оптимизировать.

Таким образом, приступая к оптимизации проекта необходимо оценить:

- уровень и равномерность загрузки ресурсов, определить соответствие их реальным возможностям;

- соответствие времени реализации проекта установленному нормативному сроку;
- соответствие потребности в финансовых ресурсах реальным возможностям.

В рассматриваемом примере наблюдается перегрузка трудовых ресурсов. На листе ресурсов они выделены цветом, а в столбце **Индикаторы** напротив соответствующих строк стоят специальные значки . Подведя курсор мыши к  появится всплывающая подсказка: «Выравнивание загрузки данного ресурса должно выполняться по дням». Это означает, что для выполнения назначенной ресурсу работы необходимо больше времени, чем фактически он располагает. Для определения задач, перегружаемых исполнителей необходимо открыть лист **Использование ресурсов** на панели представлений. Выровнять загрузку ресурсов можно несколькими способами:

- уменьшив объем работы, перегруженных ресурсов, передав часть задач другим исполнителям;
- устранив в проекте пересечение работ, скорректировав время их начала и окончания;
- выделить дополнительные средства для оплаты работ по ставке сверхурочно.

В MS Project 2007 имеется возможность автоматического выравнивания. Для этого необходимо в главном меню программы выбрать пункт **Сервис**, а затем **Выравнивание загрузки ресурсов**.

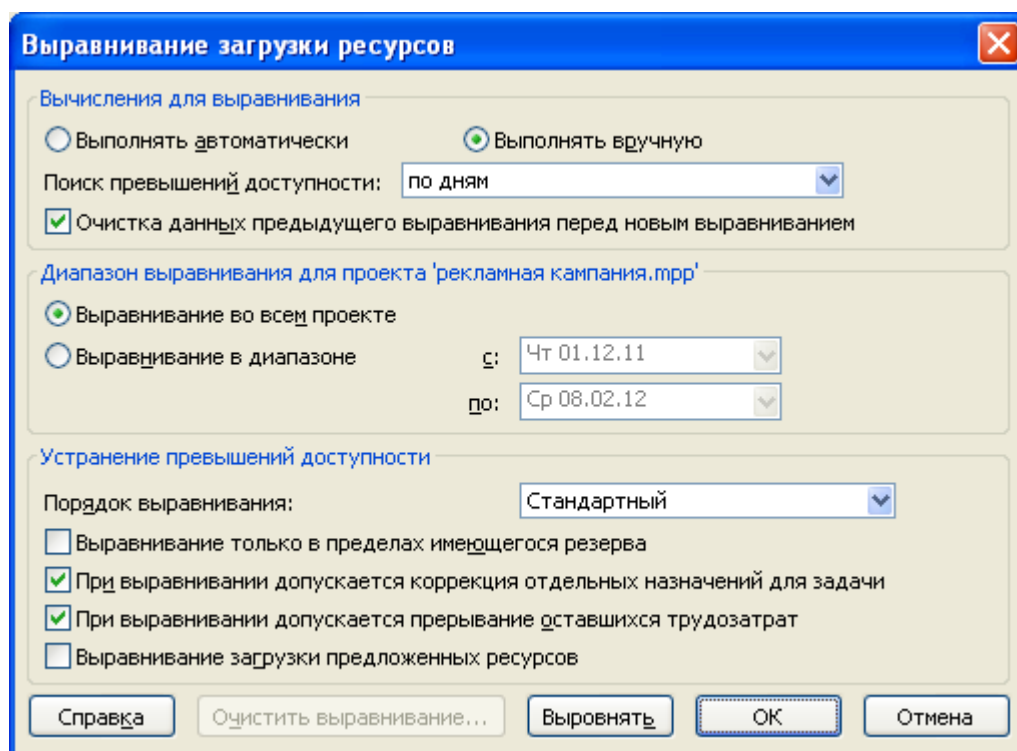



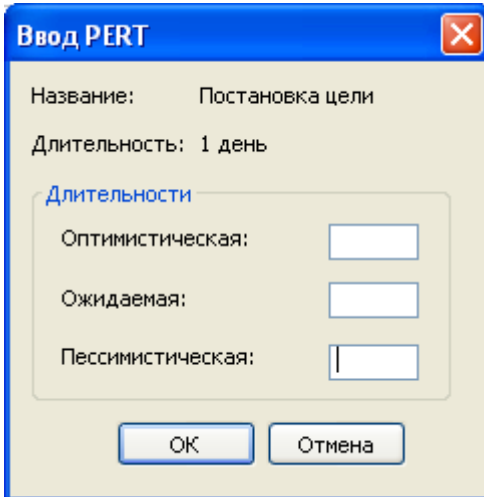


Рисунок 5.47 – Окно выравнивания загрузки ресурсов

В появившемся диалоговом окне (см.рис.5.47) необходимо определить желаемые параметры выравнивания, после чего нажать кнопку **Выровнять**. После выравнивания нагрузки рекомендуется оценить соответствие времени реализации проекта нормативному сроку. Для этого воспользуемся методикой PERT. Для вызова соответствующего инструмента может быть использована панель быстрого запуска.  Для ее вывода необходимо в главном меню программы выбрать **Вид / Панель инструментов / Анализ по методу PERT**. Для запуска Листа ввода PERT используется кнопка . Ее нажатие приведет к появлению таблицы для ввода оптимистической, пессимистической и наиболее вероятной длительностей выполнения задач. В случае необходимости ввода данных для отдельной задачи может быть использовано специальная форма (см.рис.5.48), которая активизируется путем нажатия кнопки  на панели инструментов.



Ввод PERT

Название: Постановка цели

Длительность: 1 день

Длительности


Оптимистическая:

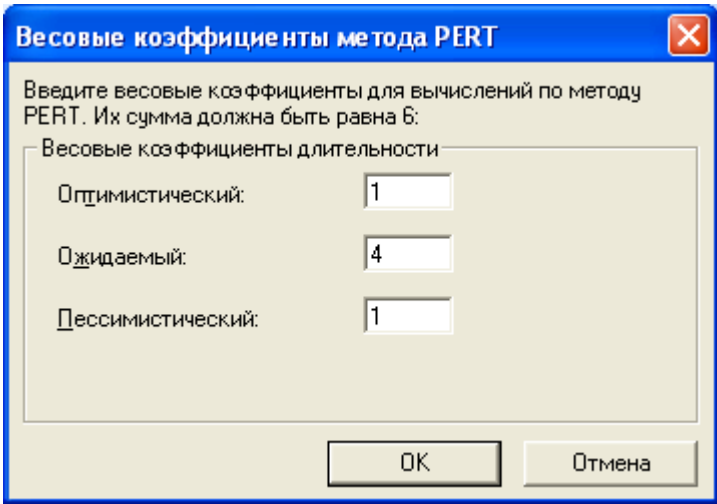
Ожидаемая:

Пессимистическая:

OK Отмена

Рисунок 5.48 – Форма ввода данных

Для задания весовых коэффициентов необходимо нажать кнопку , что приведет к появлению диалогового окна ввода (см.рис.5.49)



Весовые коэффициенты метода PERT

Введите весовые коэффициенты для вычислений по методу PERT. Их сумма должна быть равна 6:

Весовые коэффициенты длительности

Оптимистический:


Ожидаемый:

Пессимистический:

OK Отмена

Рисунок 5.49 – Форма ввода весовых коэффициентов

Использование методики PERT позволяет выполнить пересчет параметров сетевой модели с учетом введенных экспертных оценок длительности выполнения работ и весовых коэффициентов.

На панели инструментов также имеется кнопки , позволяющие вывести диаграммы Ганта, построенные на основе введенных оптимистических, пессимистических и ожидаемых оценок длительности выполнения.

Для определения задач, принадлежащих критическому пути необходимо в главном меню программы выбрать пункт **Формат / Мастер диаграмм Ганта**, а затем в появившемся диалоговом окне установить переключатель **Критический путь**.

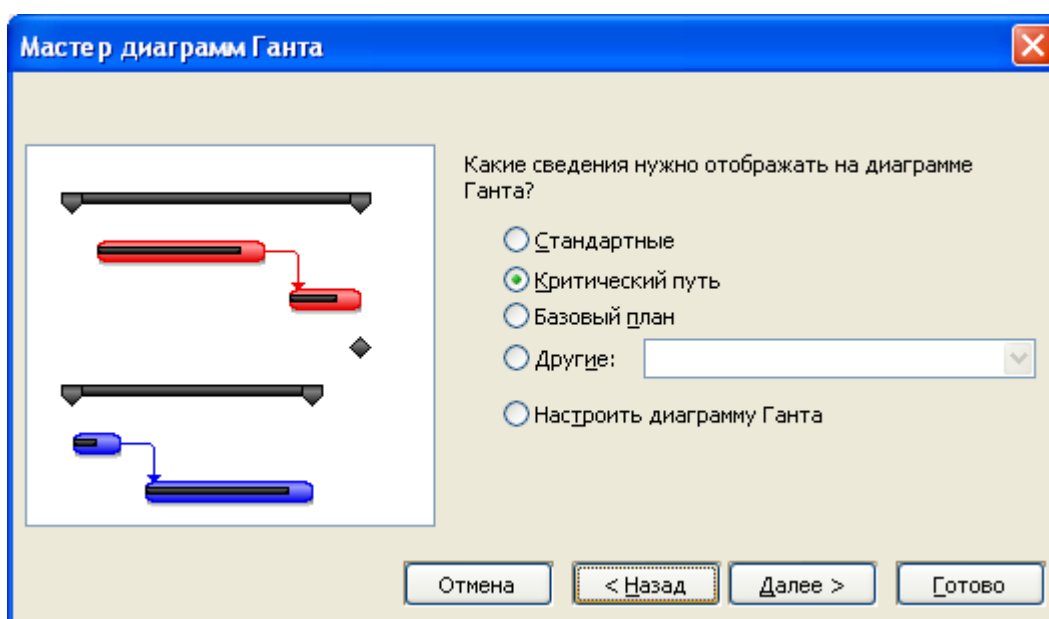


Рисунок 5.50 – Окно настройки диаграммы Ганта

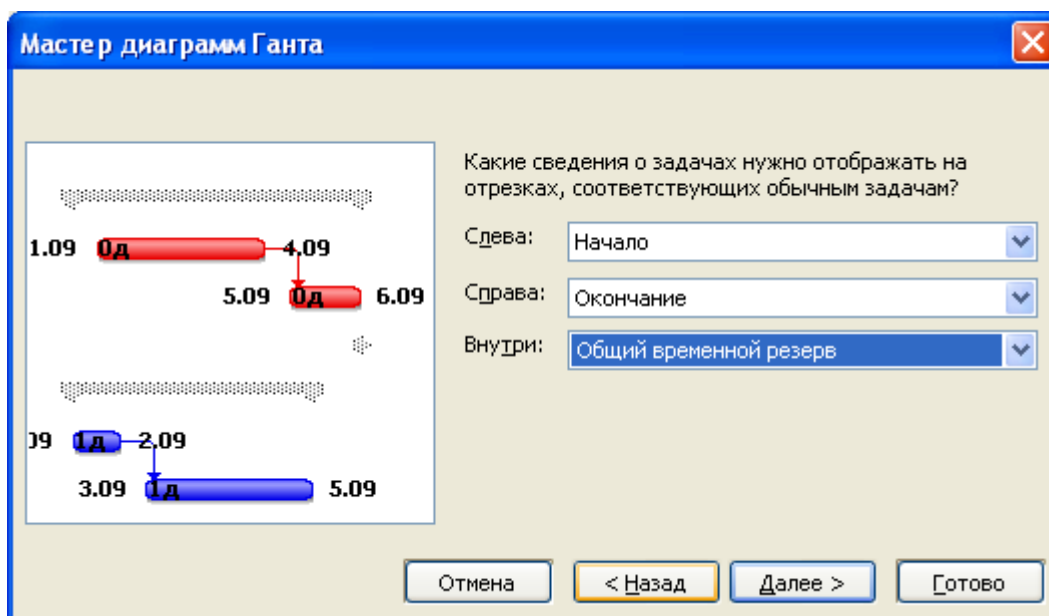


Рисунок 5.51 – Настройка параметров диаграммы Ганта

Определив настройки как показано на рис.5.50-5.51, получим диаграмму Ганта с указанием основных параметров проекта (см.рис.5.52)

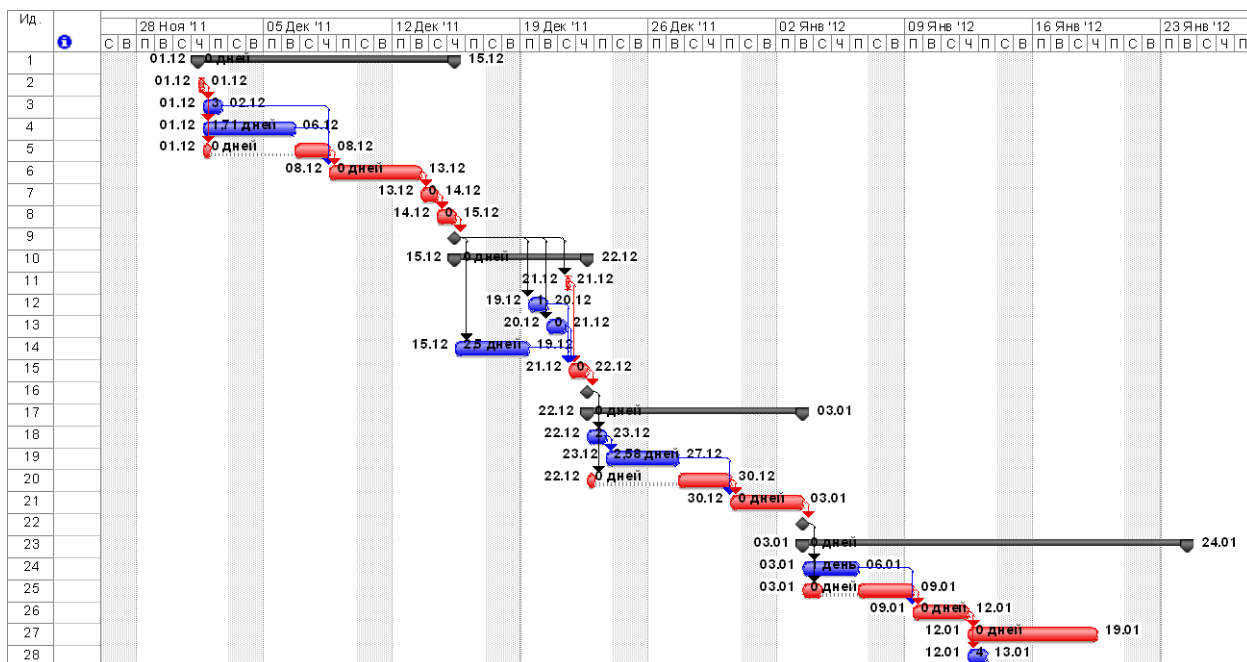


Рисунок 5.52 – Диаграмма Ганта (фрагмент)

После того как проект запущен, необходимо осуществлять его мониторинг и готовить отчеты о ходе его реализации. Для этих целей в MS Project 2007 также имеются специальные инструменты. Для их использования необходимо в главном меню программы выбрать пункт **Отчет / Отчеты**.

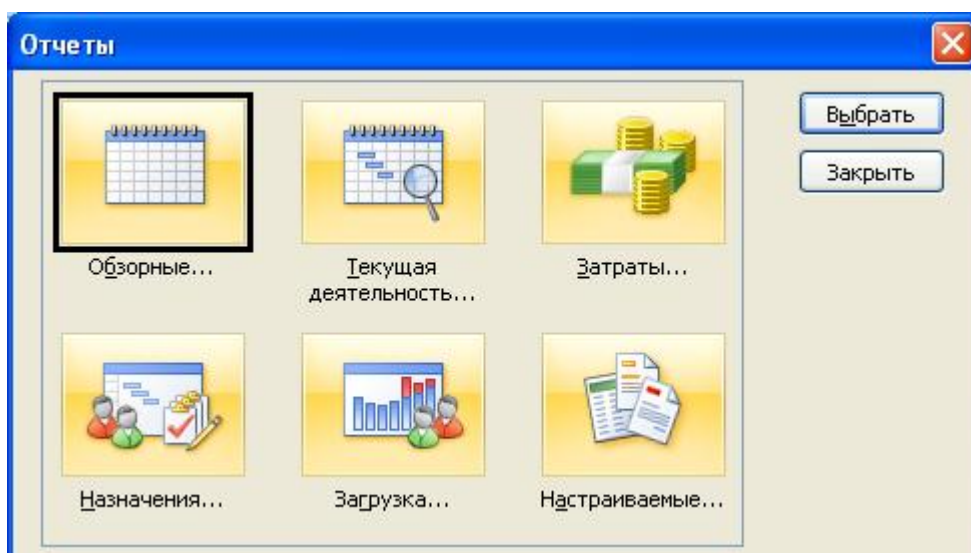


Рисунок 5.53 – Подготовка отчетов в MS Project 2007

Предлагаемые инструменты позволяют получить полное представление о ходе реализации проекта, в т.ч. получить общую сводку по проекту, выявить задачи, которые не начались, скоро начнутся, выполняющиеся,

запаздывающие и завершенные задачи; сформировать отчет о движении денежных средств, определить задачи и ресурсы с превышением бюджета; получить информацию о загрузке ресурсов и т.д.

5.7 Задания для самостоятельного выполнения

Разработайте комплекс задач для реализации учебного проекта в соответствии с предложенными вариантами:

- a) «Организация и проведение конкурса на лучшую группу факультета»;
- b) «Разработка и продвижение сайта»;
- c) «Организация и проведение спортивного соревнования»;
- d) «Организация и проведение студенческой конференции».

На примере учебного проекта выполните следующие задания:

- создайте новый файл и введите разработанный комплекс задач в MS Project, укажите логическую взаимосвязь между работами и продолжительность их выполнения;
- для учебного проекта укажите ключевую дату, выберите календарь, определите 2 выходных дня;
- определите длину критического пути;
- проанализируйте, какие ресурсы необходимы для выполнения вашего проекта, внесите их в список, укажите их тип (например: Васильев А.И. - тип ресурса «трудовой»);
- оцените уровень загрузки ресурсов, в случае необходимости проведите их оптимизацию.

5.8 Контрольные вопросы

1. Что отражает сетевой график?
2. Каким образом может быть определено время выполнения работы?
3. Что такое критическая работа?
4. Что такое критический путь?
5. Как рассчитывается время раннего начала работы?
6. Как рассчитывается время раннего окончания работы?
7. Как вычисляется время позднего начала и позднего окончания работы?
8. Что такое полный резерв времени работы?
9. Как найти критические работы по значениям частного и полного резервов времени?
10. Что отражает диаграмма Ганта?
11. Какие виды связей между работами существуют в MS Project ?
12. Какие виды отчетов позволяет составлять MS Project?

Список использованных источников

1. Афанасьев М.Ю., Багриновский К.А., Матюшок В.М. Прикладные задачи исследования операций: учебное пособие. – М.: ИНФРА-М, 2006. – 352 с.
2. Бутакова М.М. Экономическое прогнозирование: методы и приемы практических расчетов.– М.:КНОРУС, 2008. –168с.
3. Дуброва Т.А. Прогнозирование социально – экономических процессов. Статистические методы и модели. – М.:Маркет ДС, 2007. – 192с.
4. Дамодаран А. Инвестиционная оценка. Инструменты и техника оценки любых активов / Пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2004. – 1342 с.
5. Инструкция по расчету основных технико-экономических и финансовых показателей и заполнению форм-таблиц бизнес-плана на стадиях проектирования для предприятий связи. 3-я редакция. - М.: 1999. – 83 с.
6. Ковалишин Е.А., Поманский А.Б. Реальные опционы: оптимальный момент инвестирования // Экономика и математические методы. – 1999, № 2, – С. 50-60.
7. Колтынюк Б.А. Инвестиции. Учебник. – СПб.: Изд-во Михайлова В.А., 2003. – 848 с.
8. Лимитовский М.А. Инвестиционные проекты и реальные опционы на развивающихся рынках. – М.: Дело, 2004. – 527 с.
9. Липсиц И.В., Косов В.В. Экономический анализ реальных инвестиций: Учебник. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Экономист, 2003. – 347 с.
10. Лукасевич И.Я. Анализ финансовых операций. Методы, модели, техника вычислений. – М.: ЮНИТИ, 1998. – 400 с.
11. Лукасевич И.Я. Методы анализа рисков инвестиционных проектов // Финансы. – 1998, № 9, – С. 59.
12. Методические рекомендации по оценке инвестиционных проектов и расчету экономического эффекта ОАО «Связьинвест» утв. решением Правления 15/10/2003.
13. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования (Официальное издание). – М.: Информ-сервис, 1994. – 81 с.
14. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. Официальное издание. – М.: Экономика, 1999. – 410 с.
15. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов: (Вторая редакция) / М-во экон. РФ, М-во фин. РФ, ГК по стр-ву, архит. и жил. политике; рук. авт. кол.: Коссов В.В., Лившиц В.Н., Шахназаров А.Г. – М.: Экономика, 2000. – 421 с.
16. Саати Т. Принятие решений : Метод анализа иерархий / Пер. с англ. Р.Г. Вачнадзе. – М.: Радио и связь, 1993. - с.93

17. Сафонова Л.А., Смоловик Г.Н. Экономическая эффективность инвестиционных проектов. Методология и инструментарий оценки: Монография. – Новосибирск, 2007. – 160 с.
18. Черняк В.З. Управление инвестиционными проектами: Учеб. пособие. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. – 351 с.
19. Шикин Е.В., Чхартишвили А.Г. Математические методы и модели в управлении: Учеб. пособие. - 2-е изд., испр. – М.: Дело, 2002. – 437 с.
20. Alleman J. The New Investment Theory of Real Options and its Implication for Telecommunications Economics. – London: Kluwer Academic Publishers, 2003. – 570 p.
21. Mun J. Real Options Analysis: tools and techniques for valuing strategic investments and decisions. - New Jersey: John Wiley&Sons, Inc., Hoboken, 2002. – 750 p.