

**С.Ю. Литвинчук**

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОНОМИКЕ.  
АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ  
С ПОМОЩЬЮ EXCEL**

**Учебное пособие**

**Нижний Новгород  
2010**

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное агентство по образованию

---

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

С.Ю. Литвинчук

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОНОМИКЕ.  
АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ  
С ПОМОЩЬЮ EXCEL**

Учебное пособие

Нижний Новгород  
ННГАСУ  
2010

ББК 65.050.2я73

УДК 681.5:330(075)

Литвинчук С.Ю. Информационные технологии в экономике. Анализ и прогнозирование временных рядов с помощью Excel [Текст]: учебное пособие / С.Ю. Литвинчук; Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т. Н.Новгород:– ННГАСУ, 2010. – 78 с.

Пособие предназначено для изучения дисциплины «Информационные технологии в экономике». Аспекты прогнозирования рассмотрены с позиций социально-экономического явления. Дана общая схема процесса прогнозирования. Описаны встроенные средства Excel, пригодные для быстрого построения прогнозов. Способы прогнозирования снабжены алгоритмическими описаниями. Реализация методов прогнозирования с помощью программы электронных таблиц Excel продемонстрирована на практических примерах.

Пособие рекомендовано для студентов, обучающихся по направлению «Экономика».

ББК 65.050.2я73

## Содержание

Введение .....	4
1. Теоретические аспекты прогнозирования .....	6
1.1. Понятие прогнозирования.....	6
1.2. Подходы к прогнозированию.....	11
1.3. Типология прогнозов .....	13
1.4. Основные функции и принципы прогнозирования .....	18
1.5. Процедура прогнозирования.....	21
1.6. Основные способы прогнозирования .....	22
1.7. Объекты прогнозирования .....	23
2. Методы построения прогнозов .....	26
2.1. Характерные черты методов прогнозирования .....	26
2.2. Классификация и области применения основных методов прогнозирования .....	27
3. Практическое прогнозирование.....	31
3.1. Модели данных.....	31
3.2. Модели временных рядов .....	34
3.3. Алгоритм прогнозирования .....	37
4. Средства Excel для прогнозирования.....	39
4.1. Графические средства получения прогнозов .....	40
4.2. Прогнозирование с помощью встроенных функций Excel.....	50
4.3. Быстрое вычисление прогнозных значений.....	51
4.4. Быстрое вычисление коэффициента детерминации и доверительных интервалов для прогнозных значений .....	56
4.5. Построение доверительного интервала .....	62
Заключение.....	67
Контрольные вопросы.....	69
Задачи для самостоятельного решения .....	71
Литература .....	76

## **Введение**

Прогноз в жизни любого человека и общества в целом всегда имел, имеет и будет иметь огромное значение. Во все времена человек старался предвидеть события, которые могут произойти с ним в будущем. Человечество всегда стремилось подготовиться к возможным последствиям этих событий, определить, что и как делать для того, чтобы свести к минимуму проявления негативных последствий и максимально использовать положительные последствия для своего блага. Стремлением людей было и есть изменение будущего к лучшему.

Прогнозирование во всем его многообразии изучает наука прогностика. Она возникла в наши дни, но свое начало берет в глубокой древности. Так, сам термин «прогностика» (от. греч. *prognosis* – предвидение) – древнегреческий. В древнем мире искусство предвидения базировалось не на научном подходе, а определялось в основном интуицией прорицателей, а чаще – на основе трактовки природных явлений, примет, догадок и на других подобных основаниях.

Необходимость предвидеть будущее осознавалась во все времена. Но особенно сильно роль прогнозирования возросла в наши дни, при стремительных темпах развития общества, науки и техники, производства и производственных отношений. Сегодня прогнозов, основанных на интуиции, уже явно недостаточно. Теперь необходимо прогнозирование, основанное на объективных закономерностях, на использовании математического аппарата, проводимое на основе научных методов и моделей, на обработке первичных данных с помощью информационных технологий.

Если еще лет десять назад прогнозированием занимались специально обученные специалисты в больших компаниях, то в настоящее время прогнозированием занимается и «простой» менеджер, и специалист по маркетингу даже в небольших фирмах. Это связано с тем, что курс прогнозирования стал обязательным для любых специальностей, хоть как-то

связанных с экономикой. Но главная причина «увлечения» прогнозированием – это диктуемая практикой потребность предвидеть ситуацию и осознание полезности методов прогнозирования.

Данное учебное пособие является простым и доступным руководством по методам прогнозирования. В нем представлены основные методы прогнозирования, причем показана и подробно объяснена реализация этих методов в электронной таблице Excel. При описании методов прогнозирования используется алгоритмический подход, когда указанные методы представлены в виде последовательности действий в Excel.

Предполагается, что читатель знаком с основами работы в электронной таблице Excel хотя бы в следующем объеме: он может вводить и редактировать данные, создавать формулы, использовать функции, строить диаграммы и графики, форматировать рабочий лист и т.п. Это базовые навыки работы с Excel, которые известны каждому, кто прослушал курс информатики и вычислительной техники.

Пособие состоит из четырех разделов, каждый из которых разделен на параграфы. Текст снабжен материалом для вопросов и практических заданий, способствующих изучению и закреплению рассматриваемого материала. В первом вводном разделе рассмотрены аспекты прогнозирования как социально-экономического явления, изложены основные подходы к прогнозированию, основные функции, принципы и способы прогнозирования. Во втором разделе дана классификация основных методов прогнозирования и их области применения. В третьем разделе приводится общая схема процесса прогнозирования и показана необходимость полного и всестороннего анализа имеющихся данных, без чего невозможно построить качественный и надежный прогноз. В четвертом разделе описаны разнообразные встроенные средства Excel, пригодные для быстрого построения прогнозов, подробно показана реализация методов прогнозирования с помощью программы электронных таблиц Excel.

# 1. Теоретические аспекты прогнозирования

## 1.1. Понятие прогнозирования

Прогнозирование – это самостоятельная отрасль науки. Социально-экономическое прогнозирование основывается на закономерностях развития общества, социально-экономического и технологического прогресса. Важная роль здесь отводится прикладной научной дисциплине – прогностике, в том числе экономической прогностике. В научной литературе *прогностика* определяется как наука о принципах, методах и средствах научного прогнозирования.

На структурной схеме (рис. 1) [1] показаны структура и основы науки прогностики.

Наука о прогнозировании прошла несколько основных этапов. Бурное развитие прогнозирования приходится на 50-е гг. XX в.: появились простые прогнозные модели, различные прогностические исследования. «Бум прогнозирования» пришелся на 60–70-е гг. XX в.: разработано большинство теоретических положений, методов, сложных прогнозных моделей; широко стали использоваться ЭВМ. С начала 80-х гг. XX в. протекает новый этап: развитие прогнозирования на научной основе; применение прогностики в практической деятельности предприятий и организаций.

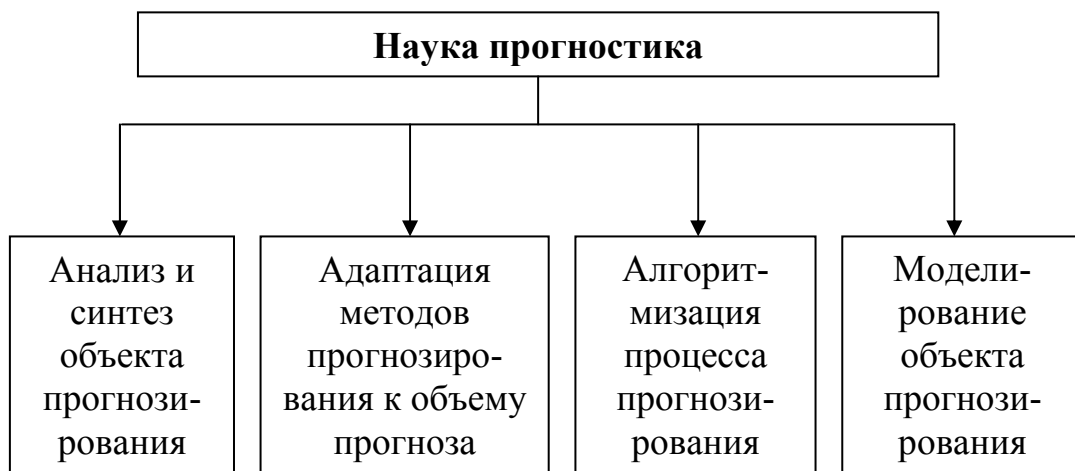


Рис. 1. Структурная схема науки прогностики

Возрастает спрос на прогнозы на различных уровнях управления и принятия решений. В условиях нестабильности и неопределенности роль прогнозов усиливается.

Прогнозирование – основная функция управления, наряду с анализом, планированием, контролем и т.д. Любому руководителю ежедневно приходится принимать различные управленческие решения, прогнозируя ситуацию, в условиях которой будут реализовываться принятые решения.

В большинстве ситуаций решения принимаются на основе опыта и интуиции руководителя. Но, чтобы принять качественное решение, надо правильно спрогнозировать последствия своих решений. Сложно сделать это правильно и обосновать свой прогноз. Именно поэтому количественные модели данных играют все более заметную роль в построении прогнозов.

*Прогнозирование – это способ научного предвидения, в котором используются как накопленный в прошлом опыт, так и текущие допущения в отношении будущего в целях его определения.*

Исследователь с помощью метода и инструментария обрабатывает информацию о состоянии изучаемого объекта в данный момент, о наблюдавшихся ранее закономерностях изменения объекта, об условиях его функционирования в настоящий момент и стремится превратить информацию в систему знаний о будущем состоянии или поведении объекта.

Отличительной особенностью прогнозирования является то, что оно описывает возникновение процессов и объектов, которые в данный момент недоступны непосредственному восприятию и проверке на практике.

Сущность прогнозирования легче понять, выяснив роль прогнозирования в принятии управленческих решений. Если рассматривать три важнейшие функции управления – планирование, организацию и контроль, то прогнозирование находит наибольшее применение при планировании и является его важнейшей составляющей. На стадии организации роль прогнозирования невелика, однако она возрастает на стадии контроля. В



проблеме прогнозирования различают два аспекта: теоретико-познавательный и управленческий [2].

Управление должно обеспечивать выбор и реализацию только оптимальных решений, так как цена потенциального ущерба от принятия неверных решений существенно возрастает. Чем выше уровень прогнозирования, тем эффективнее планирование и реализация планов организации, что ведет к повышению финансовых результатов деятельности.

Результатом прогнозирования является прогноз – вероятностное утверждение о будущем с относительно высокой степенью достоверности [3]. Прогноз носит вероятностный характер. Прогноз должен строиться на основе аргументированных научных представлений о текущем состоянии и тенденциях развития объекта. Поэтому любой прогноз в определенной степени носит также и достоверный характер.

Основная функция прогноза – обоснование возможного состояния объекта в будущем или определение альтернативных путей.

Ценность прогнозирования как раз и заключается в том, что прогнозы позволяют выделить существенные факторы и детально проанализировать их влияние на функционирование объекта исследования (системы в целом и ее отдельных частей) и соответственно определить возможные направления развития системы и (или) ее составных частей и результаты функционирования в заданные будущие периоды времени.

Базой для построения прогнозов является познание конкретных факторов, определяющих развитие исследуемых процессов, количественных зависимостей между факторами и показателями развития этих процессов.

Прогнозирование соотносится с более широким понятием – предвидением.

*Предвидение – это опережающее отображение действительности, основанное на познании законов природы, общества и мышления.*

Различают три формы предвидения: гипотезу, прогноз и план.

*Гипотеза* характеризует научное предвидение на уровне общей теории. На уровне гипотезы дается качественная характеристика объектов, выражающая общие закономерности их поведения.

*Прогноз* в сравнении с гипотезой имеет значительно большую определенность и позволяет характеризовать будущее состояние объекта также и количественно. Прогноз выражает предвидение на уровне конкретно-прикладной теории. Он отличается от гипотезы меньшей степенью неопределенности и большей степенью достоверности. Связь прогноза с объектом неоднозначна: прогноз носит вероятностный характер.

*План* представляет собой постановку одной или нескольких точно определенных целей и предвидение конкретных, детальных событий исследуемого объекта. В нем фиксируются пути и средства развития в соответствии с поставленными целями и задачами, обосновываются принятые управленческие решения. Главная отличительная черта плана – определенность заданий. В плане предвидение получает наибольшую конкретность и определенность. План основывается на результатах и достижениях конкретно-прикладной теории.

Формы предвидения связаны между собой и с исследуемым объектом в процессе управления и планирования системы. Они отражают последовательные состояния объекта в будущем. Исходное начало этого процесса – общенаучное предвидение состояний объекта, завершающий этап – составление плана перевода объекта в новое состояние. Прогноз – связующее звено между общенаучным предвидением и планом.

Уровень определенности информации изменяется в зависимости от выбранной формы предвидения развития прогнозируемого объекта (рис. 2) [1].

Формы сочетания прогноза и плана могут быть различными: прогноз может предшествовать плану, следовать за ним, проводиться в процессе разработки плана. Между прогнозом и планом существуют различия, так как план имеет нормативный, а прогноз – альтернативный характер.



Уровень определенности информации возрастает

Рис. 2. Изменение уровня определенности предсказания

Прогнозирование шире планирования. Прогноз на практике – это предплановый документ, который с определенной достоверностью фиксирует вероятную степень достижения поставленной цели в зависимости от намеченных действий.

Сущность прогнозирования легко понять, если прогнозирование и планирование определить как предсказание и предугадание (рис. 3) [2].

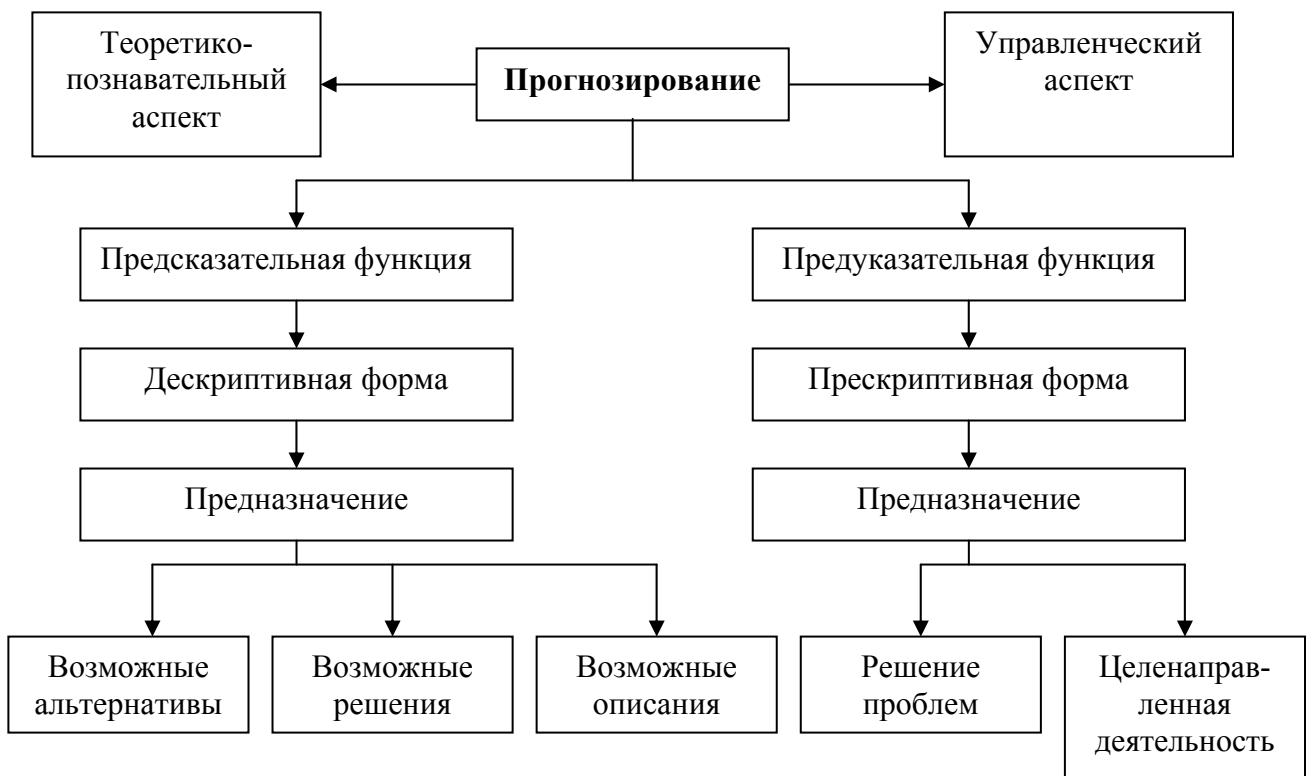


Рис. 3. Сущность прогнозирования

Задача экономического прогнозирования в общем случае состоит в том, чтобы, с одной стороны, выяснить перспективы будущего, а с другой – способствовать выработке оптимальных текущих и перспективных планов.

Прогноз является основой для разработки стратегии, планирования и управления предприятием.

Прогноз должен определять:

- основные технические и организационно-экономические проблемы, пути и сроки их решения;
- материалы, технологические процессы и оборудование, предназначенные для изготовления новой перспективной и традиционной продукции;
- ожидаемые объемы производства продукции у конкурентов и потребность в ней на рынках;
- ожидаемую себестоимость разработки и производства этой продукции;
- мощность предприятия, необходимую для разработки и изготовления новой продукции;
- потребность в трудовых ресурсах с учетом изменения их структуры, квалификации и ожидаемого роста производительности труда.

Прогноз должен включать:

- краткий анализ развития прогнозируемого направления производства и характеристику его современного состояния;
- выявление перспективных технических и экономических проблем, уже решенных, но не получивших практического применения;
- оценку важности проводимых исследований, требующих внимания и затрат для решения будущих проблем.

Сложность прогнозирования проявляется в том, что, рассматривая процессы в будущем, оно также охватывает их и в настоящем, и даже в прошлом. Это как раз и свидетельствует о том, что прогнозирование тесно связано с анализом.

## **1.2. Подходы к прогнозированию**

Рассмотрим основные подходы к решению задач прогнозирования.

*Исторический подход* заключается в рассмотрении развития каждого явления во взаимосвязи его исторических форм. Из взаимосвязи прошлого, настоящего и будущего следует, что будущее существует как возможность в настоящем. При таком подходе логическое исследование является отражением исторического хода общественного развития.

Важной стороной исторического подхода к прогнозированию выступает его связь с практикой. При этом задача прогноза не ограничивается познанием исследуемых объектов. Она состоит также в превращении полученного знания в инструмент воздействия на реальность в целях дальнейшего совершенствования общественной практики в заданном направлении, изменения будущего в соответствии с поставленными целями.

*Комплексный подход* включает рассмотрение явлений в их взаимосвязи и взаимозависимости, используя для этого методы исследования не только данной, но и других наук, изучающих эти же явления. Теоретической основой разработки научных представлений о будущем развитии социально-экономических объектов является политическая экономия. При исследовании конкретных объектов экономическое прогнозирование основывается на достижениях и научном аппарате науки управления производством, теории планирования, а также других конкретных экономических дисциплин. Оно тесно связано и с рядом естественных и технических наук.

*Системный подход* представляет собой логический образ мышления, согласно которому процесс выработки и обоснования любого решения отталкивается от определения общей цели системы и подчинения достижению этой цели деятельности всех подсистем, включая планы развития и все другие параметры этой деятельности. При этом данная система рассматривается как часть более крупной (глобальной) системы, и общая цель ее развития согласуется с целями развития глобальной системы.

Важным элементом системного подхода становится использование математического аппарата и ЭВМ для определения, разработки, проверки и осуществления поставленных целей и решений. Современный уровень знаний

позволяет широко применять в исследованиях экономико-математические модели, теорию массового обслуживания, теорию игр, использовать при обработке статистических данных методы корреляционного, регрессионного и дисперсионного анализа.

### **1.3. Типология прогнозов**

К настоящему времени накоплены опыт и набор инструментов, достаточные для удовлетворения большинства потребностей современного общества при прогнозировании жизни и результатов хозяйственной деятельности. Прогнозов существует огромное множество, и каждый исследователь имеет свое представление о том, как упорядочить множество прогнозов, разграничив их на классы с помощью самых разнообразных критериев. В качестве таких критериев могут выступать цели и задачи, объекты прогнозирования, предметы и проблемы исследования, характер протекающих процессов, период упреждения прогноза, методы и способы организации прогнозирования и т.д. Разделение прогнозов на конкретные типы достаточно условно, так как в практической деятельности исследователя эти типы и способы пересекаются, взаимно дополняются и используются совместно.

По функциональному критерию различают два типа прогнозов: поисковый и нормативно-целевой.

*Поисковый прогноз* (изыскательский, исследовательский, трендовый, генетический и т.п.) – это определение возможных состояний объекта или процесса в будущем. При таком способе прогнозирования имеет место условное продолжение тенденций прошлого и настоящего в будущее. Этот подход основан на аналитических исследованиях, поэтому его часто называют еще и научным, или исследовательским, дескриптивным, т.е. описательным, а также генетическим, так как он предполагает развитие объекта в соответствии с его наследственностью. Поисковое прогнозирование может быть двух видов: традиционное (экстраполятивное) и новаторское (альтернативное).

*Традиционный метод* прогнозирования предполагает, что развитие объекта происходит и будет происходить гладко и непрерывно, т.е. будут сохранены все выявленные в прошлом тенденции развития объекта прогнозирования. Поэтому в данном случае прогноз может быть простой проекцией (экстраполяцией) прошлого в будущее. Если при этом прогноз не основан на анализе влияния различных факторов на показатели развития, т.е. на многофакторном анализе, а использует зависимость показателей только от времени, то такой прогноз называют «наивным».

*Новаторский подход*, в отличие от традиционного, исходит из того, что развитие объекта или процесса протекает не однородно, а носит изменчивый характер вследствие наличия неконтролируемых факторов (внешних возмущений). Новаторский подход также называют альтернативным, так как он предполагает существование множества вариантов будущего развития объекта. При таком подходе предполагается разработка вариантов, отличающихся по степени и характеру влияния управляющей системы на параметры развития.

*Нормативно-целевой способ* – определение путей и сроков достижения цели, в качестве которой принимается возможное состояние объекта или процесса. В этом случае вначале устанавливают желаемые конечные параметры развития (цели), а затем определяют необходимые для этого ресурсы. Такой прогноз отвечает на вопрос: какими путями достичь желаемого результата? Поэтому такое прогнозирование называют еще нормативным, а чаще – целевым. Если поисковый прогноз исходит из состояния объекта в прошлом и в настоящем, то целевой прогноз ведут в обратном порядке: от заданного состояния в будущем, исходя из наличия материальных, финансовых и других ресурсов, необходимых для достижения поставленной цели, к существующим тенденциям. На практике оба типа прогнозов, как правило, используются совместно.

Нормативно-целевое прогнозирование обычно применяют в тех случаях, когда нет достаточной информации о развитии объекта в прошлом и, следовательно, нет возможности не только многофакторного анализа и

моделирования, но даже и установления прогрессивных тенденций развития. В таком случае преимущественно используют качественные методы исследования. Наметив желаемое конечное состояние развития объекта, прогнозисты далее определяют мероприятия, которые могут обеспечить это состояние, а также необходимые финансовые, материальные и трудовые ресурсы. Прогнозирование потому называют нормативным, что устанавливаемые цели часто основываются на нормативах, например достижение прогрессивных значений уровня обеспеченности и питания населения, доходов на душу населения, средней зарплаты. При достаточно высокой квалификации экспертов и прогнозистов поиск может быть короче, чем при использовании только новаторского поискового подхода.

По периоду упреждения (горизонту прогноза) прогнозы подразделяются на оперативные, краткосрочные, среднесрочные, долгосрочные и дальнесрочные. Как правило, чем длиннее период, на который составляют прогноз, тем значительнее может быть отклонение фактических данных от прогнозируемых.

1. *Оперативные прогнозы* основаны на предположении о том, что в прогнозируемом периоде не произойдет существенных изменений в исследуемом объекте как количественных, так и качественных.

2. *Краткосрочные прогнозы* основаны на предположении, что на протяжении прогнозируемой перспективы не ожидается существенных количественных изменений объекта исследования. Краткосрочные прогнозы в подавляющем большинстве используют в странах с переходной экономикой.

3. *Долгосрочные прогнозы* ориентированы на перспективу, на протяжении которой ожидаются существенные не только количественные, но и качественные изменения объекта исследования.

4. *Среднесрочные прогнозы* охватывают перспективу между кратко- и долгосрочными прогнозами с преобладанием количественных изменений над качественными.



5. *Дальнесрочные (сверхдолгосрочные) прогнозы* охватывают перспективу, в течение которой ожидаются столь значительные качественные изменения, что можно говорить лишь о самых общих перспективах развития исследуемого явления или процесса.

Временная градация прогнозов является в определенной мере условной и зависит от характера и цели конкретного прогноза. В социально-экономических прогнозах, как правило, используют следующую градацию по времени: оперативные прогнозы имеют продолжительность от 1 месяца до 1 года, краткосрочные – от 1 года до 3 лет, среднесрочные рассчитаны от 3 до 5–7 лет, долгосрочные – на период свыше 5–7 и примерно до 15–20 лет, дальнесрочные находятся за пределами долгосрочных.

Отличия прогнозов по содержанию в зависимости от периода упреждения приведены в табл. 1.

**Типология прогнозов**

**Т а б л и ц а 1**

<b>Тип прогноза (временное разграничение)</b>	<b>Период прогнозирования, лет</b>	<b>Содержательные отличия прогнозов</b>
Оперативный	до 1	Нет существенных количественных изменений
Краткосрочный	1...3	Происходят количественные изменения
Среднесрочный	5...7	Наблюдаются количественные и качественные изменения
Долгосрочный	10...20	Наблюдаются количественные и качественные изменения, с доминированием качественных изменений
Дальнесрочный	более 20	Качественные изменения

По объекту исследования различают прогнозы: естественноведческие, обществоведческие (социальные) и научно-технические.

1. В *естественноведческих прогнозах* взаимосвязь между предсказанием и преуказанием (предполагаемыми результатами управляющих воздействий) незначительна, близка или практически равна нулю вследствие невозможности

управления объектом. Поэтому здесь в принципе применимо только поисковое прогнозирование с ориентацией на возможно более точное безусловное предсказание будущего состояния явления.

2. В *обществоведческих прогнозах* взаимосвязь настолько значительна, что способна давать эффект самоосуществления или, напротив, саморазрушения прогнозов действиями людей на основе целей, планов, программ, проектов, вообще решений (включая принятые с учетом сделанных прогнозов). В связи с этим здесь необходимо сочетание поисковых и нормативных разработок, т.е. условных предсказаний с ориентацией на повышение эффективности управления. Примером может служить прогноз результатов выборов для той или иной политической партии.

3. *Научно-технические прогнозы* занимают промежуточное место между естественноведческими и обществоведческими. Они, как правило, основываются на имеющемся опыте (нормативные разработки) и могут быть поисковыми. Примером такого прогноза являются тенденции в технологиях производства кристаллов для компьютеров, отслеживаемые и прогнозируемые заинтересованными фирмами.

Подробно подтипы прогнозов рассмотрены в «Рабочей книге по прогнозированию» [2]. Отметим лишь, что экономические, социальные, экологические прогнозы относятся к группе обществоведческих прогнозов.

По масштабу прогнозирования выделяют прогнозы макроэкономические (национальной экономики) и структурные (межотраслевые, межсекторальные, межрегиональные), прогнозы развития отдельных комплексов, секторов и регионов, прогнозы хозяйствующих субъектов, а также отдельных производств и продуктов. Объекты макроэкономики более устойчивы и инерционны в своем развитии по сравнению с объектами микроэкономики.

В зависимости от характера воспроизводственного процесса выделяют следующие экономические прогнозы: развития производственных отношений, социально-экономических предпосылок и последствий технологического прогресса, динамики экономической системы (темпов, факторов и структуры),

воспроизводства трудовых ресурсов, занятости, экономического использования природных ресурсов, инвестиций, уровня жизни населения, доходов и цен, потребительского спроса, внешнеэкономических связей и т.д. Следует иметь в виду при этом, что отрыв и изолированное рассмотрение отдельных элементов системы несостоятельны в методологическом отношении.

#### **1.4. Основные функции и принципы прогнозирования**

Рассмотрение прогнозной деятельности как исследования будущих событий и явлений в развитии объекта требует определения методологических принципов, составляющих конструктивную основу для разработки и использования прикладных методов прогнозирования.

Важнейшим принципом, позволяющим объединить на общей методологической базе все многообразие методов прогнозирования в исследовании процессов самой разной природы, является *принцип системности*. Этот принцип требует рассмотрения объекта прогнозирования как системы взаимосвязанных характеристик объекта и прогнозного фона в соответствии с целями и задачами исследования. Система не является произвольным механическим объединением элементов.

В качестве обязательного условия системного представления предполагается наличие следующих вполне определенных свойств: целостность (или эмерджентность), иерархичность, целенаправленность, самоорганизованность, управляемость и т.д.

*Принцип адекватности* прогноза объективным закономерностям характеризует не только процесс выявления, но и оценку устойчивых тенденций и взаимосвязей в развитии экономики и создание теоретического аналога реальных экономических процессов с их полной и точной имитацией. Реализация принципа адекватности предполагает учет вероятностного, стохастического характера реальных процессов, особенно в условиях неопределенности.

*Принцип альтернативности* прогнозирования связан с возможностью развития объекта исследования и его отдельных элементов по разным траекториям, при разных взаимосвязях и структурных соотношениях. В случае перехода от имитации сложившихся процессов и тенденций к предвидению их будущего развития возникает необходимость построения альтернатив, т.е. определения возможных путей развития объекта. Вероятностный характер прогнозирования отражает наличие случайных процессов и отклонений при сохранении их качественной однородности, устойчивости прогнозируемых тенденций. Альтернативность исходит из предположения о возможности качественно различных вариантов развития экономики.

Необходимым условием разработки достоверного прогноза является познание объективных законов развития процессов, выявление устойчивых тенденций на их основе. Это познание должно базироваться на глубоком изучении достижений прикладных разработок прогнозов, что составляет сущность *принципа обоснованности, или достоверности*. Реализация этого принципа в практических исследованиях обеспечивается соответствующим качеством прогноза и оценкой достоверности и точности полученного результата.

Выбор конкретного метода прогнозирования во многом зависит от наличия и качества информационной базы. В данном случае важен *принцип наблюдаемости*, который обеспечивает исследователя по возможности достаточными и достоверными статистическими данными. В некоторых случаях, особенно на уровне микроэкономики, менеджеры принимают решения в условиях избыточной информации. Поэтому при разработке преимущественно оперативных и краткосрочных прогнозов актуальным становится мониторинг необходимых и надежных данных. Эта проблема может быть решена с использованием современных информационных технологий.

*Основными функциями* прогнозирования социально-экономических систем являются:

1. Анализ процессов и тенденций.

2. Исследование связей социально-экономических явлений в развитии объекта прогнозирования в конкретных условиях в определенном периоде.

3. Оценка объекта прогнозирования.

4. Выявление альтернатив развития.

5. Оценка последствий принимаемых решений.

6. Накопление научного материала для обоснованного выбора решений.

Рассмотрим перечисленные функции более подробно.

Анализ экономических, социальных, технологических процессов и тенденций осуществляется по трем стадиям: ретроспекция, диагноз и проспекция.

Под *ретроспекцией* понимают этап прогнозирования, на котором исследуется история развития объекта прогнозирования для получения его систематизированного описания. На этом этапе ведут сбор, хранение и обработку информации, других источников, необходимых для прогнозирования. Здесь осуществляют оптимизацию как состава источников, так и методов измерения и представления ретроспективной информации, уточняют и окончательно формируют структуру и состав характеристик объекта прогнозирования.

*Диагноз* представляет собой этап прогнозирования, на котором исследуют систематизированное описание объекта прогнозирования с целью выявления тенденции его развития и выбора методов и моделей прогнозирования. На этапе диагноза анализируют объект прогнозирования, который лежит в основе прогнозной модели.

*Проспекция* представляет собой этап прогнозирования, на котором по данным диагноза разрабатывают прогнозы развития объекта, оценивают достоверность, точность или обоснованность прогноза (верификация), а также реализации цели прогноза путем объединения конкретных прогнозов на основе принципов прогнозирования (синтез). На стадии проспекции выявляют недостающую информацию об объекте прогнозирования, уточняют ранее

полученную, вносят коррективы в модель прогнозируемого объекта в соответствии с вновь поступившей информацией.

Анализ позволяет установить те факторы, активное воздействие на которые приводит к изменению существующих тенденций и сложившейся обстановки.

Важнейшей методологической предпосылкой прогнозирования является учение об объективном характере экономических законов, которые выступают отражением существенных причинно-следственных связей явлений, выражающих их повторяемость в определенных условиях. Но вместе с тем при прогнозировании необходимо учитывать и неопределенность, обусловленную вероятностным действием экономических законов, неполнотой их знания, наличием субъективного фактора при принятии решений, неполнотой и недостаточной надежностью информации.

Оценка объектов прогнозирования базируется на сочетании аспектов детерминированности и неопределенности (стохастичности). При отсутствии одного из них прогнозирование теряет смысл. При абсолютном детерминизме исчезает возможность альтернативного выбора решений. При абсолютной неопределенности конкретное представление будущего невозможно.

### **1.5. Процедура прогнозирования**

Разработку прогноза необходимо вести, соблюдая определенную последовательность действий. Классическая процедура разработки прогноза предполагает ряд последовательных этапов.

1. Прогнозное обоснование – формулировка целей, задач, исходных данных о структуре объекта и анализируемых процессах, основных факторов, взаимосвязей, разработка предварительных гипотез о закономерностях развития, о методах и организации процедур прогнозирования.

2. Описание внешней среды (прогнозного фона), выявление внешних воздействий на развитие объекта и внутреннего управления, уточнение критериев развития и параметров управления.

3. Разработка прогнозной модели, т.е. определение ее структуры и составляющих элементов, установление взаимосвязей между ними, которые позволят проследить закономерности изменения процесса.

4. Разработка при возможности альтернативного варианта прогноза на основе применения подходящих методов прогнозирования.

5. Оценка достоверности, точности и обоснованности разработанного прогноза, последствий его реализации. Сравнение результатов прогноза с альтернативными вариантами прогноза.

6. Разработка рекомендаций по управлению развитием процесса с учетом вариантов воздействия внешней среды и внутренней эволюции объекта.

7. Формулировка задачи по разработке нового варианта прогноза с учетом анализа полученных результатов и новой поступившей информации.

Конечно, это универсальный перечень действий для всех ситуаций, однако для разработки достоверного прогноза основные этапы должны производиться в любом случае.

### **1.6. Основные способы прогнозирования**

В основе прогнозирования лежат три взаимодополняющих источника информации о будущем. Во-первых, оценка перспектив развития, будущего состояния прогнозируемого явления на основе опыта, чаще всего при помощи аналогии с достаточно хорошо известными сходными явлениями и процессами. Во-вторых, условное продолжение в будущее (экстраполяция) тенденций, закономерности развития которых в прошлом и настоящем обладают высокой степенью инертности. В-третьих, модель будущего состояния того или иного явления, процесса, построенная сообразно ожидаемым или желательным изменениям ряда условий, перспективы развития которых достаточно хорошо известны. В соответствии с этим существуют три дополняющих друг друга способа разработки прогнозов:

1) анкетирование (интервью, опрос) – способ прогнозирования, основанный на изучении мнений экспертов, специалистов, экспертов в данной

проблемной области, населения, жителей изучаемой местности. Большое значение имеют оценки специалистов, экспертов, тогда как опросы населения в практике прогнозирования применяются сравнительно редко;

2) экстраполирование и интерполирование – построение динамических рядов развития показателей прогнозируемого явления на протяжении периодов основания прогноза в прошлом и упреждения прогноза в будущем;

3) моделирование – построение поисковых и нормативных моделей с учетом вероятного или желательного изменения прогнозируемого явления на период упреждения прогноза по имеющимся прямым или косвенным данным о масштабах и направлениях изменений.

Приведенное разделение способов прогнозирования условно, потому что на практике эти способы взаимно дополняют друг друга. Прогнозная оценка обязательно включает в себя элементы экстраполяции и моделирования. Процесс экстраполяции невозможен без элементов оценки и моделирования. Моделирование предполагает предварительную оценку и экстраполирование.

На способ прогнозирования состояния экономических систем влияют различные факторы. Основные из них – это имеющиеся в наличии у исследователя данные, параметры и цели поставленной задачи. Совокупность прогнозируемых параметров, определяющих состояние системы, можно представить различным образом: значениями параметров в моменты времени, распределениями параметров, комплексными показателями и т.д.

Прогнозирование позволяет определить характер и результаты протекания процесса во времени в конкретных величинах, оценить вероятность того, что исследуемый процесс не выйдет за установленные границы. В зависимости от целей прогнозирования, параметров, имеющихся и могущих быть полученных данных, выбираются конкретные методы прогнозирования.

### **1.7. Объекты прогнозирования**

Можно выделить следующие виды социально-экономических объектов прогнозирования:



- с полным обеспечением количественной информацией, для которых имеется в наличии ретроспективная количественная информация в необходимом объеме;

- с неполным обеспечением количественной информацией, для которых имеющаяся в наличии ретроспективная информация допускает использование статистических методов, однако не обеспечивает на заданном времени упреждения заданную точность прогноза;

- с наличием качественной ретроспективной информации, относительно прошлого развития которых имеется только качественная информация и полностью отсутствует либо очень ограничена количественная;

- с полным отсутствием ретроспективной информации – это, как правило, несуществующие, проектируемые объекты.

Статистические методы могут с уверенностью применяться для первого случая, с некоторым уменьшением точности прогноза – для второго случая. Для двух последних случаев более эффективно применение экспертных методов.

При построении прогнозов социально-экономических явлений исследователь чаще всего имеет дело с исходными данными поперечного или продольного срезов. В первом случае он применяет регрессионные модели, во втором – модели временных рядов. Если же имеется недостаток количественной информации, то наиболее распространенными по применению являются экспертные методы.

Вся совокупность причин, определяющих функционирование и развитие исследуемого объекта, называется факторами:

- внутренние (эндогенные) факторы обусловлены закономерностями развития отдельных элементов и системы как целого, возникают в результате саморазвития системы;

- внешние (экзогенные) факторы определяются взаимодействием системы и внешней среды, т.е. с более широкой системой, в которую прогнозируемая система входит как один из элементов.

Влияние внешней среды называют прогнозным фоном, а параметры, описывающие влияние фоновых факторов, – фоновыми переменными.

Факторы, с помощью которых осуществляется целенаправленное воздействие на систему в целом и ее элементы, называются управляющими параметрами.

Факторы, значение которых объективно непредсказуемо и составляет систему предположений об условиях будущего развития хозяйственной системы, называются сценарными параметрами.

На практике почти в каждой области жизнедеятельности человека встречаются явления, которые интересно и важно изучать в их развитии и изменении во времени. К ним можно отнести, например, погодные условия, здоровье человека, развитие производства, цены на тот или иной товар и т.д. Если в нашем распоряжении имеется информация о состояниях исследуемого объекта в некоторые моменты времени, то можно говорить о том, что мы имеем дело с временным рядом значений исследуемого объекта.

Вообще, временным рядом называют последовательность наблюдений, обычно упорядоченную по времени. Временные ряды можно рассматривать как ряды динамики, у которых в качестве признака упорядочения берется время.

Анализ временных рядов необходим для решения двух задач:

1) выявить природу законов, принципов, количественных зависимостей, причинно-следственных связей, определяющих поведение процесса, порождающего временной ряд;

2) получить оценку значений временного ряда, наблюдаемых в будущем, – осуществить прогнозирование.

## 2. Методы построения прогнозов

### 2.1. Характерные черты методов прогнозирования

По оценкам некоторых ученых, известно более 200 методов прогнозирования. Базовых в их числе значительно меньше, многие из методов скорее относятся к отдельным способам и процедурам прогнозирования либо представляют собой набор отдельных приемов, отличающихся от базовых методов количеством частных приемов и последовательностью их применения.

Под *методом прогнозирования* понимают совокупность приемов и способов, позволяющих на основе анализа ретроспективных данных, экзогенных (внешних) и эндогенных (внутренних) связей объекта прогнозирования, а также их измерения в рамках рассматриваемого явления или процесса вывести суждения определенной достоверности относительно будущего развития объекта. Более краткое определение дал Э. Янч: «способ исследования объекта прогнозирования, направленный на разработку прогнозов».

Содержательная интерпретация методов прогнозирования определяется природой, особенностями и закономерностями исследуемых процессов. Оценка будущих состояний процессов и явлений ведется на базе уже накопленных знаний о сущности, свойствах и закономерностях известных или предполагаемых тенденций их развития.

Таким образом, если методологической основой прогнозирования служит теория развития объекта, которая раскрывает существо закономерностей, содержание основных причинно-следственных связей рассматриваемого процесса, то методы прогнозирования позволяют найти меру влияния отдельных закономерностей и причин развития, представить объект прогноза как динамическую систему измеренных с определенной степенью достоверности взаимодействий реальных явлений, факторов, сил общественной деятельности и тем самым дать возможность воспроизвести с определенной степенью вероятности поведение этой системы в будущем.

Во многих случаях ни один из методов сам по себе не может обеспечить требуемую степень достоверности и точности прогноза, но, будучи использован в определенных сочетаниях с другими, оказывается весьма эффективным – достоинства одного метода компенсируют недостатки другого либо они используются в развитии.

Объективная необходимость в комбинировании различных методов часто возникает при разработке прогнозов развития процессов, характеризующихся наличием сложных взаимосвязей.

## **2.2. Классификация и области применения основных методов прогнозирования**

Классификация методов прогнозирования в существенной мере условна. Для того чтобы понять, какие методы в каких случаях применять, необходимо знать их особенности. Методов много и целесообразно выделить некие агрегированные особенности, которые могут выступать в качестве критериев классификации. Как отмечено в Рабочей книге по прогнозированию, такими критериями, или классификационными признаками, могут быть степень формализации, общий принцип действия, способ получения прогнозной информации.

По степени формализации методы прогнозирования делятся на *интуитивные* (их также принято называть экспертными) и *формализованные* (фактографические). Эта классификация достаточно обширна, поскольку включает в себя методы прогнозирования, применяемые в экономических, социальных, общественно-политических, научно-технических областях.

*Экспертные* (интуитивные) *методы* прогнозирования предполагают, что подходы, используемые для формирования прогноза, не изложены в явной форме и неотделимы от лица, делающего прогноз, при разработке которого доминируют его интуиция, накопленный опыт, творчество и воображение.

Экспертные методы прогнозирования, как правило, используются в двух случаях:

- когда невозможно учесть влияние многих факторов из-за значительной сложности объекта прогнозирования;
- при наличии высокой степени неопределенности информации, имеющейся в прогностической базе, или вовсе при отсутствии информации об объекте прогнозирования.

Экспертные методы базируются на информации, которую поставляют специалисты-эксперты в процессе систематизированных процедур выявления и обобщения мнений. По этой причине указанные методы требуют от эксперта глубоких теоретических знаний и практических навыков в сборе и обобщении всей доступной информации об объекте прогноза. Интуиция (неструктурированные знания) помогает эксперту в выявлении тенденций развития объекта прогнозирования в условиях отсутствия информационной базы о нем. Примером может служить прогноз спроса на новые товары и услуги, прогноз эффективности внедрения новшества, сроков окончания периода реформирования экономики, мировых цен на энергоносители, металлы (цветные, драгоценные) и даже курсов валют.

Таким образом, интуитивные методы применяют тогда, когда объект прогнозирования либо слишком прост, либо настолько сложен и непредсказуем, что аналитически учесть влияние многих факторов практически невозможно.

Оценки экспертов по способу их получения и соответственно методы экспертного прогнозирования разделяются на индивидуальные и коллективные.

К числу *индивидуальных экспертных методов* принято относить следующие: метод опроса в форме интервью (метод «интервью»), аналитический метод, метод построения сценариев, метод психоинтеллектуальной генерации идей. К частным методам относятся ассоциативные приемы, приемы аналогий, морфологический анализ.

Методы *коллективных экспертных оценок* включают следующие: метод комиссий (круглого стола); метод «Дельфи», метод коллективной генерации идей (метод «мозгового штурма»). К частным методам в данном случае можно отнести метод функционально-стоимостного анализа, метод управляемой генерации идей, синоптический метод. Группа методов коллективных экспертных оценок основана на том, что при коллективном мышлении, во-первых, выше точность результата, а во-вторых, при обработке полученных результатов могут возникнуть продуктивные идеи.

*Формализованные*, или фактографические методы основаны на фактически имеющейся информации об объекте прогнозирования и его прошлом развитии. Эти методы гораздо более формализованы и, как правило, содержат в своем составе различный логический или математический инструментарий.

К группе фактографических (формализованных) относятся методы прогнозной экстраполяции, системно-структурные, ассоциативные, методы опережающей информации и математические методы и модели, а экспертные методы прогнозирования включают как индивидуальные, так и коллективные оценки, основанные на ассоциациях и ментальных моделях отражения действительности. В практике прогнозирования экономических процессов преобладают, по крайней мере до последнего времени, статистические методы. Это вызвано главным образом тем, что статистические методы опираются на аппарат анализа, развитие и практика применения которого имеют достаточно длительную историю.

Процесс прогнозирования, опирающийся на статистические методы, распадается на два этапа.

Первый этап состоит в обобщении данных, собираемых за некоторый период времени, а также в создании на основе этого обобщения модели процесса. Модель описывается в виде аналитически выраженной тенденции развития (экстраполяция тренда) или в виде функциональной зависимости от одного или нескольких факторов-аргументов (уравнения регрессии).

Построение модели процесса для прогнозирования, какой бы вид она ни имела, обязательно включает выбор формы уравнения, описывающего динамику и взаимосвязь явлений, и оценивание его параметров с помощью того или иного метода.

Второй этап – сам прогноз. На этом этапе на основе найденных закономерностей определяют ожидаемое значение прогнозируемого показателя, величины или признака. Безусловно, полученные результаты не могут рассматриваться как нечто окончательное, так как при их оценке и использовании должны приниматься во внимание факторы, условия и ограничения, которые не участвовали в описании и построении модели. Их корректировка должна осуществляться в соответствии с ожидаемым изменением обстоятельств их формирования.

Практическое применение того или иного метода прогнозирования определяется такими факторами, как объект прогноза, сложность и структура системы, наличие исходной информации, квалификация прогнозиста.

Особое место в классификации методов прогнозирования занимают комбинированные методы, которые объединяют различные методы прогнозирования. Использование комбинированных методов особенно актуально для сложных социально-экономических систем, когда при разработке прогноза показателей каждого элемента системы могут быть использованы различные сочетания методов прогнозирования.

### 3. Практическое прогнозирование

Рассмотрим практическую задачу. Пусть имеются данные объемов продаж за прошлый и текущий годы, и на основе этих данных необходимо спрогнозировать объемы продаж в оставшиеся месяцы текущего года.

Произведем анализ данных. Для этого надо выделить факторы, от которых зависят данные, построить несколько математических моделей данных, выбрать из них наилучшую (или несколько наилучших) и только затем, применив методы математической статистики, можно получить качественный прогноз с указанием точности этого прогноза.

Количественное прогнозирование требует построения формальной математической модели этих данных. В зависимости от вида построенной математической модели данных применяются соответствующие методы вычисления прогнозных значений. Рассмотрим методы количественного прогнозирования. Качественное прогнозирование не использует формальных математических моделей. Оно основано на мнениях экспертов или на опросах специально отобранных лиц.

#### 3.1. Модели данных

Имеется набор данных, представленный в виде таблицы (табл. 2).

Таблица данных

Т а б л и ц а 2

Время $t$	Фактор $X_1$	Фактор $X_2$	...	Фактор $X_m$	Переменная $Y$ , для которой надо сделать прогноз
$t_1$	$x_{11}$	$x_{21}$	...	$x_{m1}$	$y_1$
$t_2$	$x_{12}$	$x_{22}$	...	$x_{m2}$	$y_2$
...	...	...	...	...	...
$t_n$	$x_{1n}$	$x_{2n}$	...	$x_{mn}$	$y_n$

«Большими» буквами обозначены переменные, а соответствующими «маленькими» буквами – значения этих переменных. Исключением из этого правила будет обозначение переменной «время»  $t$ .



Переменная  $Y$ , для которой надо сделать прогноз, – функция времени  $t$  и  $m$  факторов  $X_1, X_2, \dots, X_m$ .

**Прогнозирование** заключается в том, чтобы каким-либо образом определить значение  $Y_0$  переменной  $Y$  при таком наборе значений времени и факторов  $t_0, x_{10}, x_{20}, \dots, x_{m0}$ , которого нет в исходной таблице данных.

Зависимую переменную  $Y$  в дальнейшем мы будем называть **прогнозируемой переменной**.

Утверждение, что переменная  $Y$  действительно зависит от времени и указанных факторов, требует проверки. Методы такой проверки будут показаны далее.

Временными значениями в экономических и финансовых данных обычно являются дни, месяцы, кварталы, годы, т.е. равномерно отстоящие друг от друга моменты времени. Поэтому временные значения часто заменяют просто порядковыми числами 1, 2, 3 и т.д. (Однако при этом необходимо, чтобы данные были записаны в порядке возрастания временных значений.)

Переменная  $Y$  является записывается следующим образом:

$$Y = F(t; X_1, X_2, \dots, X_m; \varepsilon).$$

Табличные данные  $y_i$  являются частными значениями функции  $F$  при конкретных значениях ее аргументов  $t_i, x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{mi}, \varepsilon_i$  т.е.

$$y_i = F(t_i, x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{mi}, \varepsilon_i) \quad (i = 1, 2, \dots, n).$$

Набор значений факторов  $t_i, x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{mi}$ , при которых определено значение  $y_i$ , называют *точкой данных*. В исходной таблице данных содержатся значения  $n$  точек данных.

Фактор  $\varepsilon$  – некоторая случайная величина (случайный процесс), показывающая, что  $Y$  также является случайной величиной. На случайную величину  $\varepsilon$  «списывают» и неточность измерения значений переменной  $Y$ , и неполноту знаний о том, как влияют время и факторы на переменную  $Y$ , и другие неучтенные факторы и, конечно, действительно случайные воздействия на переменную  $Y$ . В процессе прогнозирования к случайной величине  $\varepsilon$  предъявляют достаточно жесткие требования.

Функция  $F$  нам неизвестна. На основании имеющихся данных и привлекая дополнительные априорные соображения о том, какой должна быть эта функция, выбирается вид функции

$$f = f(b_1, b_2, \dots, b_k; t; X_1, X_2, \dots, X_m),$$

зависящей от  $k$  параметров  $b_1, b_2, \dots, b_k$ . Значения этих параметров каким-либо способом определяются на основе исходных данных так, чтобы значения функции  $f$  при тех же аргументах  $t_i, x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{mi}$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ), которые заданы в таблице данных, как можно лучше соответствовали заданным значениям  $y_i$ . Определение понятия «лучшего соответствия», как правило, задает способ вычисления параметров  $b_1, b_2, \dots, b_k$ .

Далее определяется схема воздействия случайной величины  $\varepsilon$  на функцию  $f$ . Как правило, принимают, что или случайное воздействие добавляется к значению функции  $f$  (т.е. принимается схема случайного воздействия вида  $f + \varepsilon$ ), или случайное воздействие и значение функции перемножаются (т.е. принимается, что  $f \times \varepsilon$ ).

Выбранная функция  $f(t; X_1, X_2, \dots, X_m) = f(b_1, b_2, \dots, b_k; t; X_1, X_2, \dots, X_m)$  с вычисленными параметрами  $b_1, b_2, \dots, b_k$  и схема случайного воздействия на эту функцию называется **моделью данных**, а функции  $f$  называются **функциями прогнозирования**. В соответствии с этой моделью данных прогнозное значение  $Y_0$  вычисляется как значение функции прогнозирования  $f(t; X_1, X_2, \dots, X_m)$  при аргументах  $t_0, x_{10}, x_{20}, \dots, x_{m0}$  т.е. принимается, что  $Y_0 = f(t_0; x_{10}, x_{20}, \dots, x_{m0})$ .

Функция прогнозирования  $f$  имеет и другие названия: объясняющая функция, кривая подгонки (если функция зависит от одного фактора), функция регрессии (если для вычисления ее параметров используются методы регрессионного анализа). Будем использовать название *функция прогнозирования* как наиболее общее, подчеркивающее цель построения этой функции.

В теории прогнозирования, если таблица данных и функция  $f$  не содержат в явном виде аргумента времени  $t$ , то такие модели данных называются **причинно-следственными** или **казуальными**. Если же таблица данных и функция  $f$  не содержат аргументов-факторов, а функция  $f$  зависит только от времени  $t$ , то такие модели данных называются **моделями временных рядов**.

Методы прогнозирования, используемые в этих двух типах моделей данных, практически идентичны, но обоснование их применения различно. В моделях обоих типов предполагается, что значения переменной  $Y$  порождаются неким процессом или системой. В казуальных моделях изменения системы (процесса), которые выражаются в изменении значений факторов, приводят к изменению значений переменной  $Y$ . Поэтому, если функция  $f$  адекватно описывает поведение системы, то с достаточной точностью можно спрогнозировать значение переменной  $Y$  при новых значениях факторов. В казуальных моделях основная проблема заключается в подборе такой функции  $f$ , которая наиболее адекватно отображала бы реальную систему.

Модели временных рядов рассмотрим более подробно.

### 3.2. Модели временных рядов

В моделях временных рядов предполагается, что процесс, порождающий значения  $Y$ , является *стационарным случайным процессом*. Это означает стабильность вероятностных характеристик данного процесса как в прошлом, так и в будущем. Характер поведения переменной  $Y$  в будущем совпадает (статистически) с характером ее поведения в прошлом, и на этом основании можно рассчитать искомое прогнозное значение. Если предположение о стационарности случайного процесса не выполняется, то методы вычисления прогнозного значения резко усложняются.

С моделью временного ряда связано еще несколько понятий, которые широко используются в прогнозировании. Во-первых, это понятие *горизонта прогнозирования* и связанное с ним понятие *шага*, или *периода*,

прогнозирования. Временные данные в таблице данных обычно представлены с определенным шагом времени, например, с шагом в один час, один день, одну неделю, один месяц, квартал или год.

- Этот временной шаг, с которым представлены данные в таблице данных, и называется **шагом** или **периодом прогнозирования**.
- **Горизонтом прогнозирования** называется количество периодов прогнозирования, на которые вперед (в будущее) будет составляться прогноз. Горизонт прогнозирования определяет *краткосрочные* (несколько периодов), *среднесрочные* (около десяти периодов) и *долгосрочные* (более десяти периодов) прогнозы.

Во-вторых, модели временных рядов порождают понятия *тренда* и *сезонных изменений*.

- **Трендом** называется общая тенденция изменения данных в зависимости от времени.
- **Сезонные изменения** связаны с некоторыми повторяющимися через определенные временные интервалы факторами, периодически влияющими на процесс (систему). Термин «сезон» является «техническим» термином и никак не связан с погодными или годовыми сезонами. Как правило, сезон совпадает с периодом прогнозирования.

В зависимости от типа взаимовлияния тренда и сезонных изменений различают **аддитивную модель**, когда сезонные изменения добавляются к тренду, т.е. принимается, что  $f(t) = T(t) + S(t)$  (здесь и далее через  $T$  и  $S$  будем обозначать трендовую и сезонные составляющие функции  $f$ ), и **мультипликативную модель**, где тренд и сезонные изменения перемножаются, т.е.  $f(t) = T(t) \times S(t)$ . В моделях экономических данных чаще используется мультипликативная модель, поскольку замечено, что *относительные величины* сезонных изменений сохраняют свои значения, несмотря даже на резко изменившиеся внешние условия.

На практике отличить аддитивную модель от мультипликативной можно по характеру сезонных изменений. Аддитивной модели присуща практически

постоянная амплитуда (размах) сезонных изменений, тогда как в мультипликативной она возрастает или убывает вместе с возрастанием или убыванием значений тренда.

Итак, функция прогнозирования будет иметь вид:

$$f(t; X_1, X_2, \dots, X_m) = T(t; X_1, X_2, \dots, X_m) \cdot S(t)$$

или

$$f(t; X_1, X_2, \dots, X_m) = T(t; X_1, X_2, \dots, X_m) + S(t).$$

Теперь поговорим о факторах  $X_1, X_2, \dots, X_m$ , влияющих на трендовую составляющую функции прогнозирования. Включать тот или иной фактор в модель данных – это дело выбора. Чтобы исключить какой-либо фактор из модели данных, достаточно вычеркнуть из таблицы данных столбец со значениями этого фактора. Чтобы включить новый фактор в модель, необходимо иметь значения этого фактора, «привязанные» к другим данным. С одной стороны, исключить из модели все факторы (т.е. перейти к «чистой» модели временного ряда) нежелательно, поскольку это настолько «обеднит» модель, что она, наверняка, будет плохо отображать реальную ситуацию.

Большое количество факторов порождает свои проблемы, в основном, вычислительного характера. Если их больше количества значений переменной  $Y$ , то, как правило, параметры  $b_1, b_2, \dots, b_k$  функции прогнозирования  $f$  определяются неоднозначно. Кроме того, при большом количестве факторов может возникнуть проблема, которая называется *мультиколлинеарностью*. Это означает существование сильной линейной (статистической) зависимости между факторами. Наличие мультиколлинеарности резко усложняет вычисление параметров функции прогнозирования, и эту проблему принято устранять.

Существуют методы, которые позволяют определить значимые факторы, т.е. выбрать те факторы, от которых действительно зависит переменная  $Y$ . Выявить значимые факторы – одна из основных задач при построении модели данных.

### 3.3. Алгоритм прогнозирования

Алгоритм прогнозирования – это, прежде всего, алгоритм построения модели данных, где вычисление прогнозного значения является заключительным этапом построения модели. Этот алгоритм можно описать в виде следующей последовательности этапов.

**1. Подготовка данных.** Этап предварительного анализа имеющихся данных: анализ резко выделяющихся наблюдений, восстановление пропущенных данных, исключение факторов, явно не влияющих на прогнозируемую переменную  $Y$ .

**2. Выделение трендовой составляющей** – подбор функций, аппроксимирующих трендовую компоненту, и вычисление параметров этих функций, отбор значимых факторов.

**3. Выделение сезонной составляющей** – вычисление сезонных коэффициентов по разностям между фактическими значениями переменной  $Y$  и вычисленными значениями тренда.

**4. Анализ остатков и отбор моделей.** После построения функции прогнозирования (модели данных) проводится статистический анализ остатков – разностей между значениями переменной  $Y$  и вычисленным значением функции прогнозирования. На основе анализа остатков отбираются одна или несколько моделей данных, наиболее адекватно представляющих исходные данные.

**5. Вычисление прогнозного значения.** На основе отобранных функций прогнозирования вычисляются прогнозные значения.

На практике эти этапы могут перемежаться или накладываться друг на друга. После каждого этапа необходимо иметь законченный результат:

- после 1-го этапа – набор данных, готовый к дальнейшей обработке;
- после 2-го этапа – одну или несколько моделей трендовой составляющей;
- после 3-го этапа – сезонные коэффициенты, описывающие сезонные изменения;

- после 4-го этапа – одну или несколько моделей данных;
- после 5-го этапа – один или несколько наборов прогнозных значений и по возможности доверительных интервалов для них.

Прогнозирование – это умение строить качественные и адекватные модели данных. Построение качественных и адекватных моделей данных требует, во-первых, хорошего знания той предметной области, отображением которой являются имеющиеся наборы данных, а во-вторых, высокого уровня знаний математической статистики и умения применять их на практике.

В пособии изложен алгоритмический подход к описанию методов построения моделей и прогнозирования. Далее подробно описаны средства Excel, которые наиболее часто применяются в прогнозировании.

#### 4. Средства Excel для прогнозирования

Качественное прогнозирование требует полного анализа данных и построения адекватной модели данных. Однако существуют средства Excel, которые можно использовать для быстрого предварительного прогнозирования, без глубокого анализа данных, хотя в этом случае нельзя гарантировать качественный прогноз. Можно построить и доверительные интервалы для вычисленного прогнозного значения. Для выделения сезонной составляющей функции прогнозирования в Excel нет встроенных средств, поэтому она также не будет учитываться при составлении быстрого прогноза.

В качестве исходных данных используем данные из таблицы 3 [4].

Задача прогнозирования заключается в том, чтобы вычислить прогнозные значения месячных объемов продаж на июль-декабрь 2007 года при условии, что сохранятся существующие тенденции уменьшения производственных затрат и возрастания расходов на рекламу. Это условие означает, что надо также сделать прогноз на эти месяцы значений производственных затрат и затрат на рекламу.

**Таблица данных – объемы продаж по месяцам**      Т а б л и ц а 3

№ п/п	Месяц и год (время $t$ )	Производственные затраты тыс. руб. (фактор $X_1$ )	Затраты на рекламу тыс. руб. (фактор $X_2$ )	Объемы продаж тыс. руб. (переменная $Y$ )
1	январь 2005	905,8	199,8	1282,0
2	февраль 2005	902,5	211,5	1292,7
3	март 2005	903,0	206,8	1228,9
4	апрель 2005	889,8	225,7	1392,6
5	май 2005	889,8	219,0	1647,3
6	июнь 2005	892,8	235,7	1672,9
7	июль 2005	888,3	231,3	1660,5
8	август 2005	875,8	241,1	2011,7
9	сентябрь 2005	883,9	238,1	2351,9
10	октябрь 2005	875,1	248,1	2513,9
11	ноябрь 2005	871,6	256,9	2468,5
12	декабрь 2005	879,8	251,9	2746,2
13	январь 2006	868,2	273,1	1942,7
14	февраль 2006	866,3	264,5	1901,1
15	март 2006	862,1	267,1	1971,6



№ п/п	Месяц и год (время $t$ )	Производственные затраты тыс. руб. (фактор $X_1$ )	Затраты на рекламу тыс. руб. (фактор $X_2$ )	Объемы продаж тыс. руб. (переменная $Y$ )
16	апрель 2006	866,6	282,9	1989,1
17	май 2006	862,5	287,5	2139,2
18	июнь 2006	863,9	286,3	2474,2
19	июль 2006	858,5	285,3	2393,6
20	август 2006	861,7	304,1	2990,1
21	сентябрь 2006	854,6	302,2	3190,3
22	октябрь 2006	847,0	309,6	3400,4
23	ноябрь 2006	854,4	310,0	3399,5
24	декабрь 2006	842,5	305,9	3793,9
25	январь 2007	842,1	316,0	2584,9
26	февраль 2007	844,2	302,6	2451,7
27	март 2007	843,6	314,3	2666,0
28	апрель 2007	845,2	311,1	2611,0
29	май 2007	833,2	317,9	2731,8
30	июнь 2007	843,1	329,7	2983,8

#### 4.1. Графические средства получения прогнозов

Средство построения диаграмм и графиков Excel автоматически строит линии тренда и автоматически рассчитывает прогнозные значения. Покажем, как это делается. Это возможно только в том случае, когда прогнозируемая переменная  $Y$  зависит от одного фактора, в роли которого выступает время.

Для графического прогнозирования сначала строится диаграмма или график по значениям прогнозируемой переменной  $Y$ . В нашем примере построим точечный график объемов продаж в зависимости от времени.

Линию тренда нельзя добавить в объемную, лепестковую, круговую и кольцевую диаграммы, а также в диаграмму с накоплением.

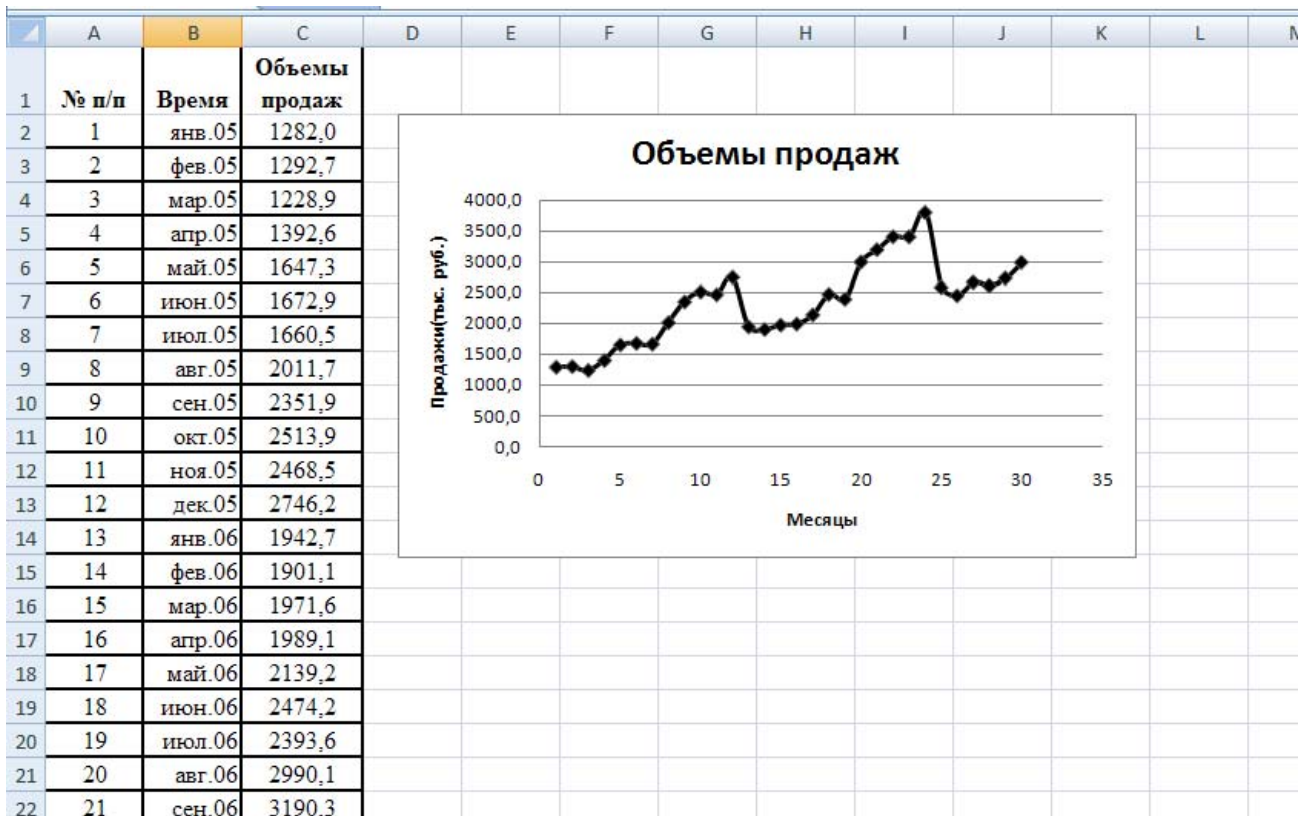


Рис. 4. График прогнозируемой переменной

Чтобы по этому ряду данных построить линию тренда, выполните такие действия.

- Щелкните на диаграмме, чтобы выделить ее.
- Выберите команду **Работа с диаграммами** ⇒ **Макет** ⇒ **Линии тренда** ⇒ **Дополнительные параметры линии тренда**, чтобы открыть диалоговое окно **Формат линия тренда**.
- В диалоговом окне **Формат линии тренда** выберите тип линии тренда (рис. 5). Для выбора предоставляются следующие типы линии тренда.
  - Экспоненциальная.** Уравнение линии экспоненциального тренда имеет вид  $Y = ce^{bX}$ ,  $c$  и  $b$  – вычисляемые параметры линии тренда.
  - Линейная.** Линейная линия тренда – это прямая, которая описывается уравнением  $Y = mX + b$ , где  $X$  – независимая переменная (фактор),  $m$  и  $b$  – вычисляемые параметры прямой (параметр  $m$  определяет наклон прямой, параметр  $b$  – точку пересечения прямой с осью  $Y$ ).

- **Логарифмическая.** Уравнение логарифмической линии тренда имеет вид  $Y = c \ln(X) + b$ , где  $c$  и  $b$  – вычисляемые параметры линии тренда.
- **Полиномиальная.** Уравнение полиномиальной линии тренда имеет вид  $Y = c_n x^n + c_{n-1} x^{n-1} + \dots + c_2 x^2 + c_1 x^1 + b$ , где  $c_n, c_{n-1}, \dots, c_2, c_1$  и  $b$  – вычисляемые параметры линии тренда. Здесь же на вкладке Тип счетчик Степень позволяет задать степень полинома  $n$  – это может быть целое число от 2 до 6.
- **Степенная.** Уравнение линии степенного тренда имеет вид  $Y = cX^b$ ,  $c$  и  $b$  – вычисляемые параметры линии тренда.
- **Линейная фильтрация.** При выборе этой опции происходит сглаживание данных методом скользящего среднего.

Если ряд данных содержит нулевые или отрицательные значения, то линии тренда **Экспоненциальная** и **Степенная** будут недоступны.

4. В диалоговом окне **Формат линии тренда** также предлагается

- определить название линии тренда, которое будет включено в легенду,
- задать количество периодов, на которые будут прогнозироваться данные (вперед и назад).

Три дополнительные опции позволяют отобразить на диаграмме

- пересечение линии тренда с осью  $Y$  (опция **Пересечение кривой с осью  $Y$  в точке**);
- уравнение линии тренда (опция **Показывать уравнение на диаграмме**);
- значение коэффициента детерминации  $R^2$ , определяющее достоверность аппроксимации (опция **Поместить на диаграмму величину достоверности аппроксимации ( $R^2$ )**).

5. После того как выбран тип линии тренда и сделаны другие установки, щелкните на кнопке **Заккрыть**, чтобы получить линию тренда и прогноз на указанное число периодов.

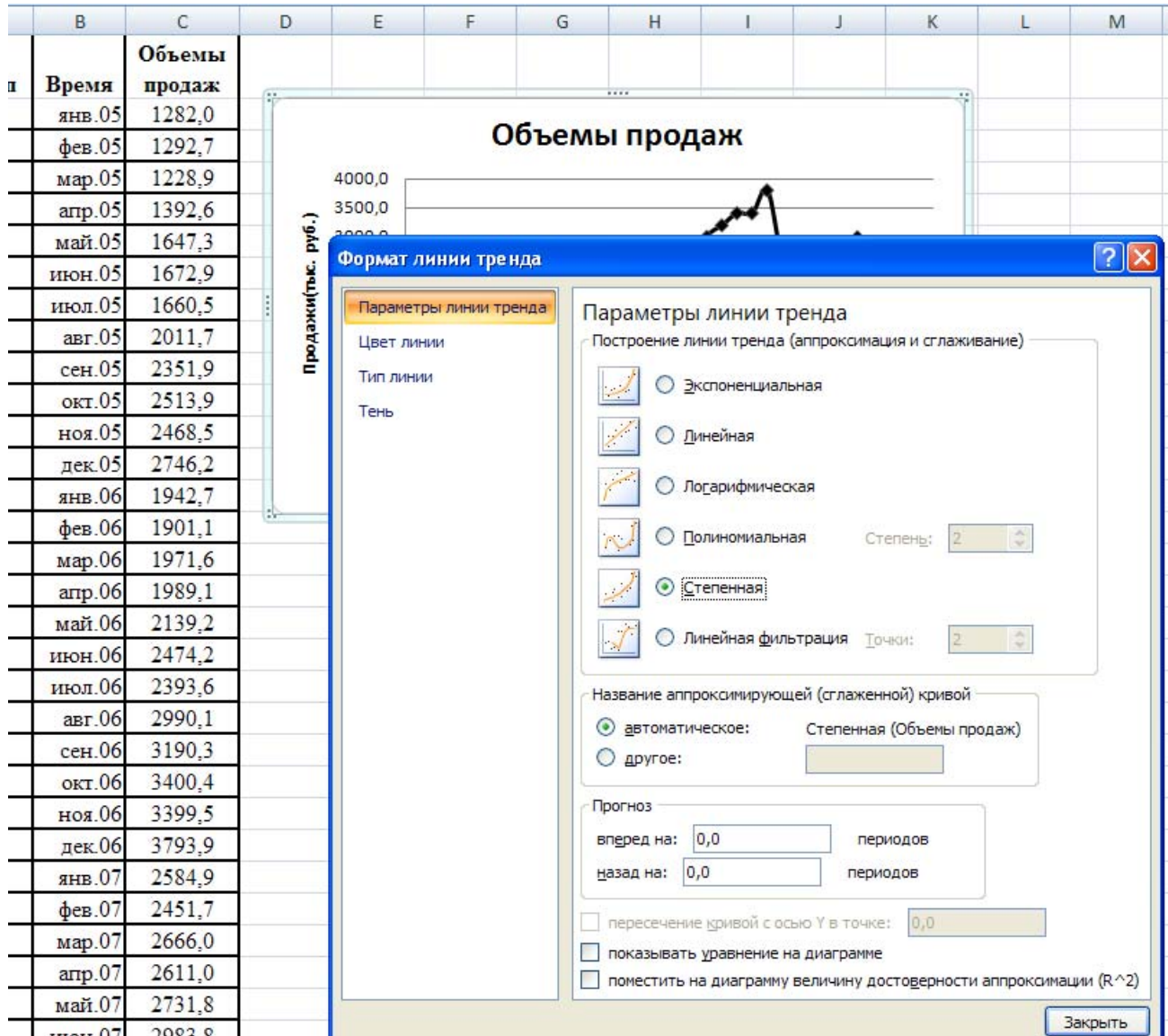


Рис. 5. Выбор параметров линии тренда

График линии тренда для нашего примера показан на рис. 6. В качестве аппроксимирующей функции выбрана степенная функция. Прогноз сделан на шесть месяцев вперед.

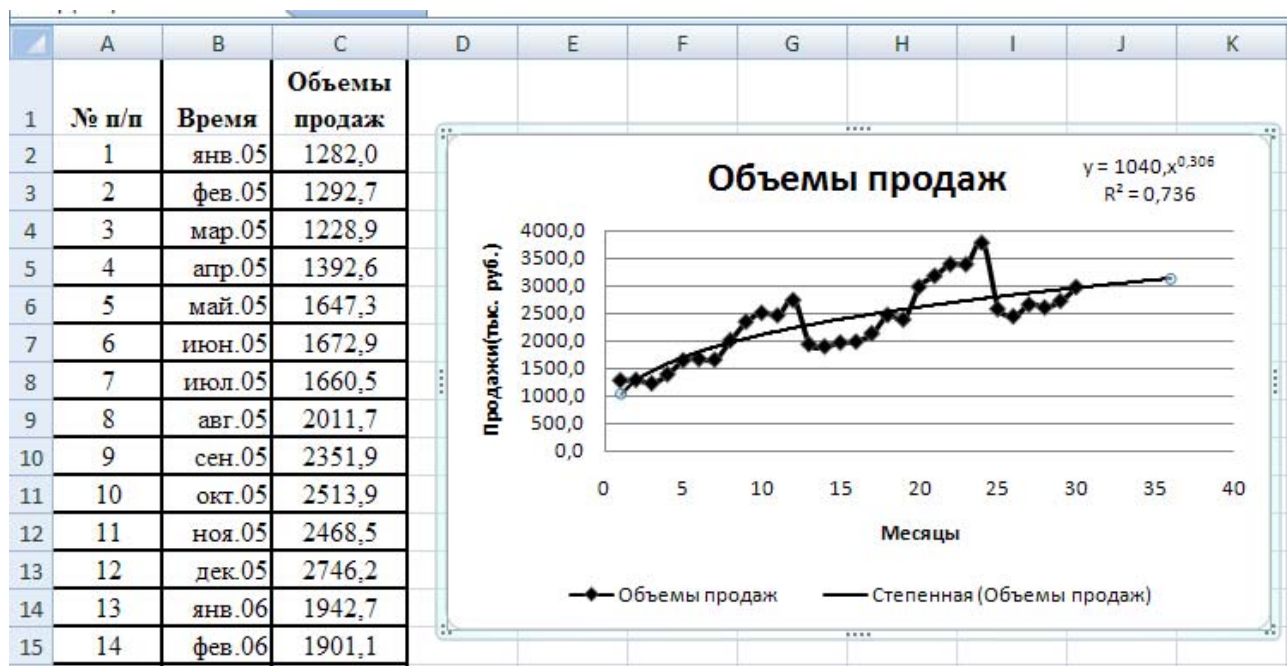


Рис. 6. Степенная линия тренда

Чтобы просмотреть все возможные линии тренда, постройте сначала одну из них, задав все необходимые параметры (количество периодов для прогноза, название, вывод уравнения линии тренда и значения коэффициента детерминации  $R^2$ ). Затем, щелкните правой кнопкой мыши на линии тренда и выберите в контекстном меню команду **Формат линии тренда**, в появившемся диалоговом окне можно выбрать другой тип линии тренда. При этом все ранее сделанные установки переносятся на новую линию тренда. Перебрав все возможные линии тренда, остановите выбор на той, для которой коэффициент детерминации имеет наибольшее значение.

Коэффициент детерминации  $R^2$  характеризует степень близости линии тренда к исходным данным. Он может принимать значения от 0 до 1. Чем больше его значение, тем лучше линия тренда аппроксимирует исходные данные.

Какие же прогнозные значения мы получили? Мы имеем прогноз и можем увидеть, как ведет себя прогнозируемая переменная, но числовые значения прогноза неизвестны.

Определить числовые значения можно визуально из графика линии тренда, если увеличить размер области построения диаграммы и сделать погуще линии сетки, как показано на рис. 7. В нашем примере получаем, что на 31-й период (июль 2007 г.) прогнозируемое значение продаж составит примерно 2980 тыс. руб., на 32-й период (август 2007 г.) – примерно 3010 тыс. руб., и т.д.

Обратите внимание на то, что при построении тренда используются не числа, соответствующие датам, а последовательность целых чисел, обозначающих номер по порядку значения ряда данных.

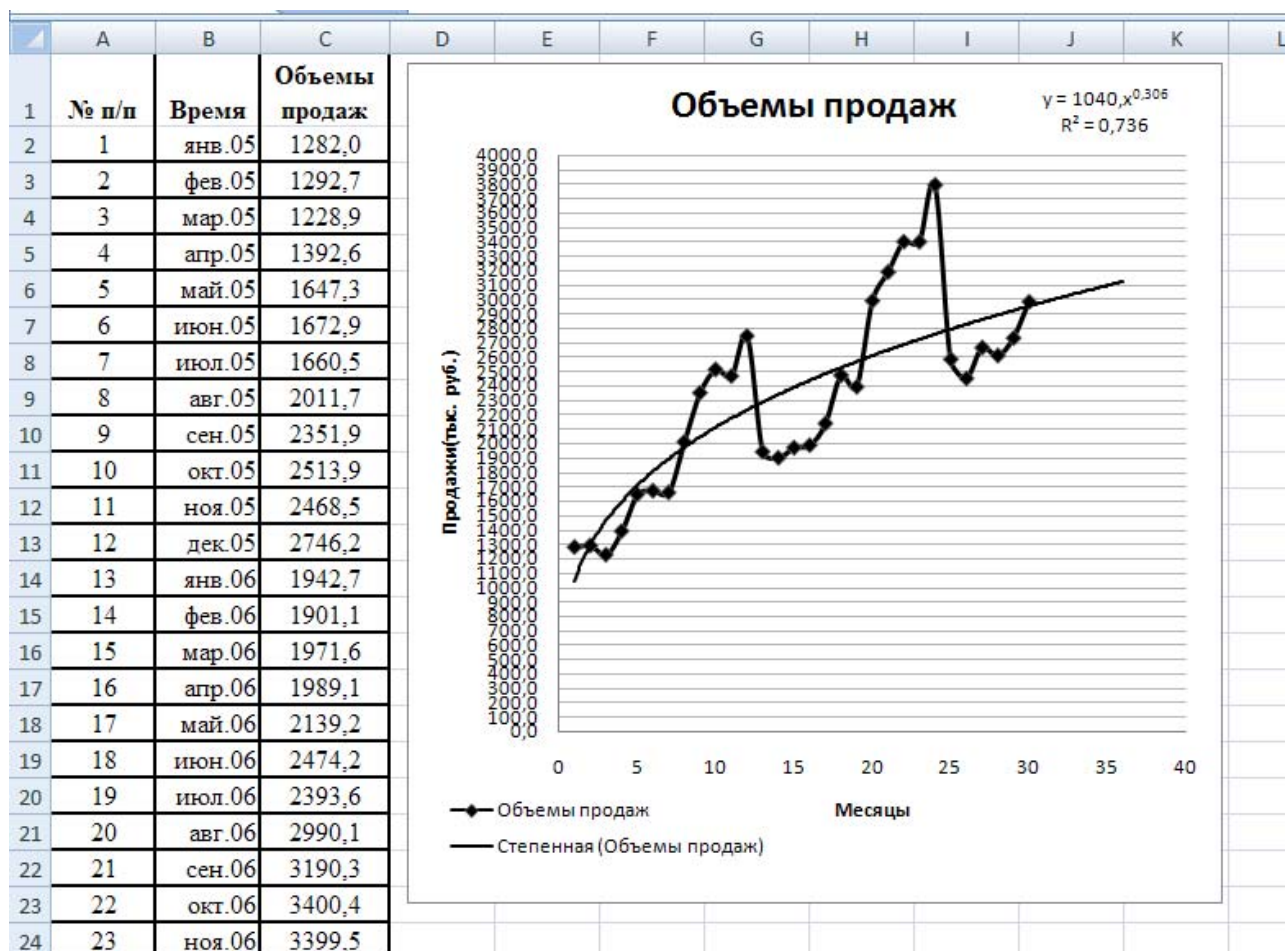


Рис. 7. Получение числовых значений прогноза

Более точные значения прогнозируемой переменной можно получить, если воспользоваться приведенным уравнением линии тренда. В нашем примере оно имеет вид:

$$Y = 1040,3X^{0,3068}$$

Подставляя поочередно вместо X номера периодов 31, 32, ..., 36, получим искомые прогнозируемые значения.

Эти вычисленные значения показаны на рис. 8 в диапазоне ячеек E2:E7. Для их вычисления в диапазон D2:D7 сначала были введены числа от 31 до 36, затем в ячейку E2 была введена формула, которая показана на рис. 8 в строке формул, далее эта формула была скопирована вниз на диапазон E3:E7. Этот прогноз запишем в отдельную таблицу (табл. 4). Коэффициент детерминации  $R^2$  в данном случае равен **0,7365**.

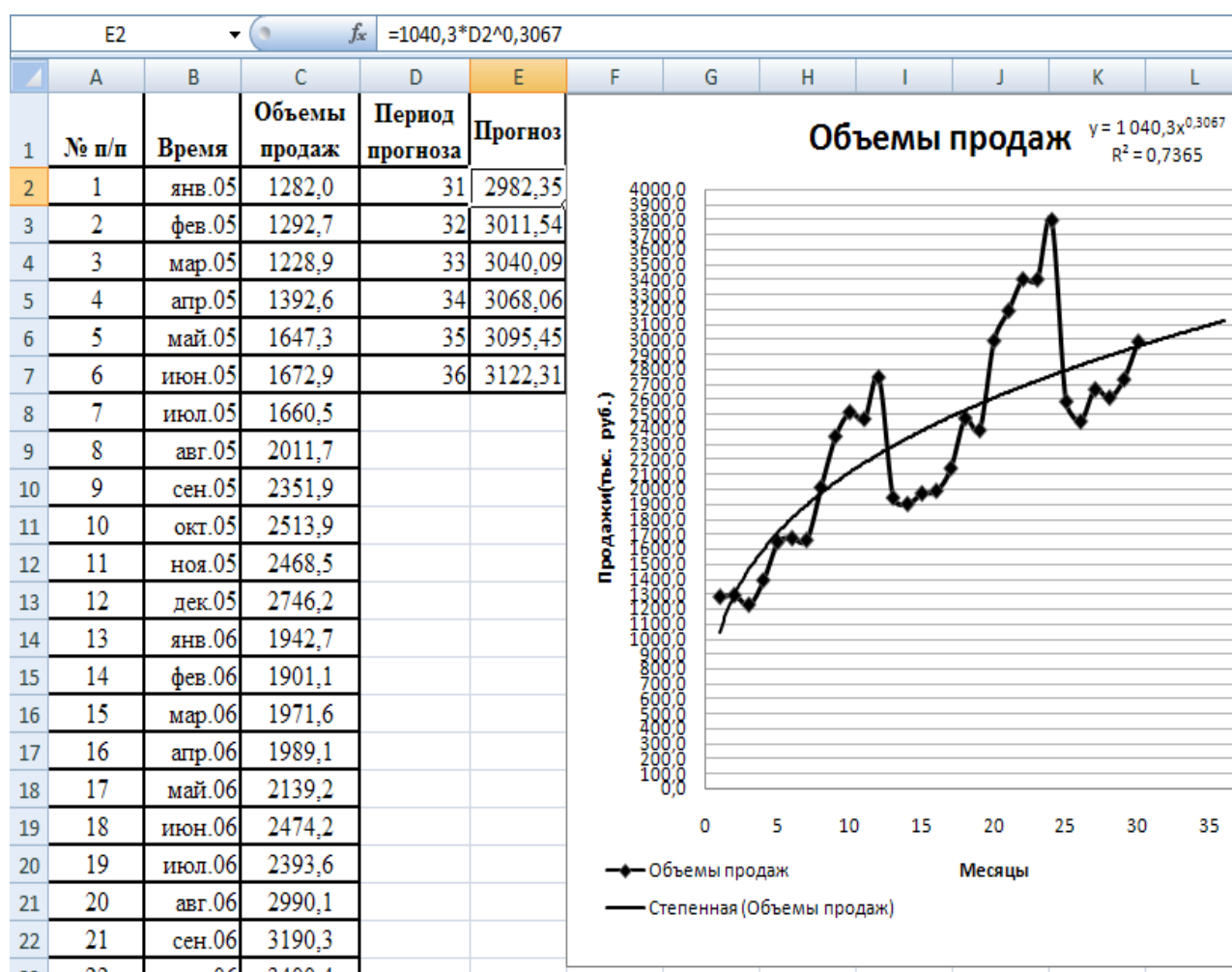


Рис. 8. Определение прогнозных значений объемов продаж

**Первый прогноз объемов продаж на июль-декабрь 2007 г. Т а б л и ц а 4**

Месяц	Прогноз объема продаж, тыс.руб.	Месяц	Прогноз объема продаж, тыс.руб.
Июль	2982,35	Октябрь	3068,06
Август	3011,54	Ноябрь	3095,45
Сентябрь	3040,09	Декабрь	3122,31

Спрогнозируем подобным способом производственные затраты и расходы на рекламу. Рабочие листы с данными и результатами прогноза показаны на рис. 9 и 10. В обоих случаях использовались линейные функции тренда, которые дают очень высокие значения коэффициентов детерминации. (Для производственных затрат экспоненциальная линия тренда дает еще более высокое значение коэффициента детерминации, однако остановимся на линейной функции тренда, поскольку такая функция больше соответствует действительности.) В данном случае аппроксимация исходных данных и прогнозные значения получились значительно лучше, чем при прогнозировании объемов продаж. Это связано с тем, что производственные затраты и расходы на рекламу не имеют сезонных составляющих.

Как видно из вышеприведенных примеров, графические средства Excel плохо приспособлены для прогнозирования. Можно выделить следующие недостатки графических средств Excel для прогнозирования:

- возможность прогнозирования только для случая зависимости прогнозируемой переменной от одного фактора;
- ограниченный набор типов линий тренда;
- невозможность автоматического вычисления прогнозных значений.

Есть и достоинство – это быстрое построение линии тренда.



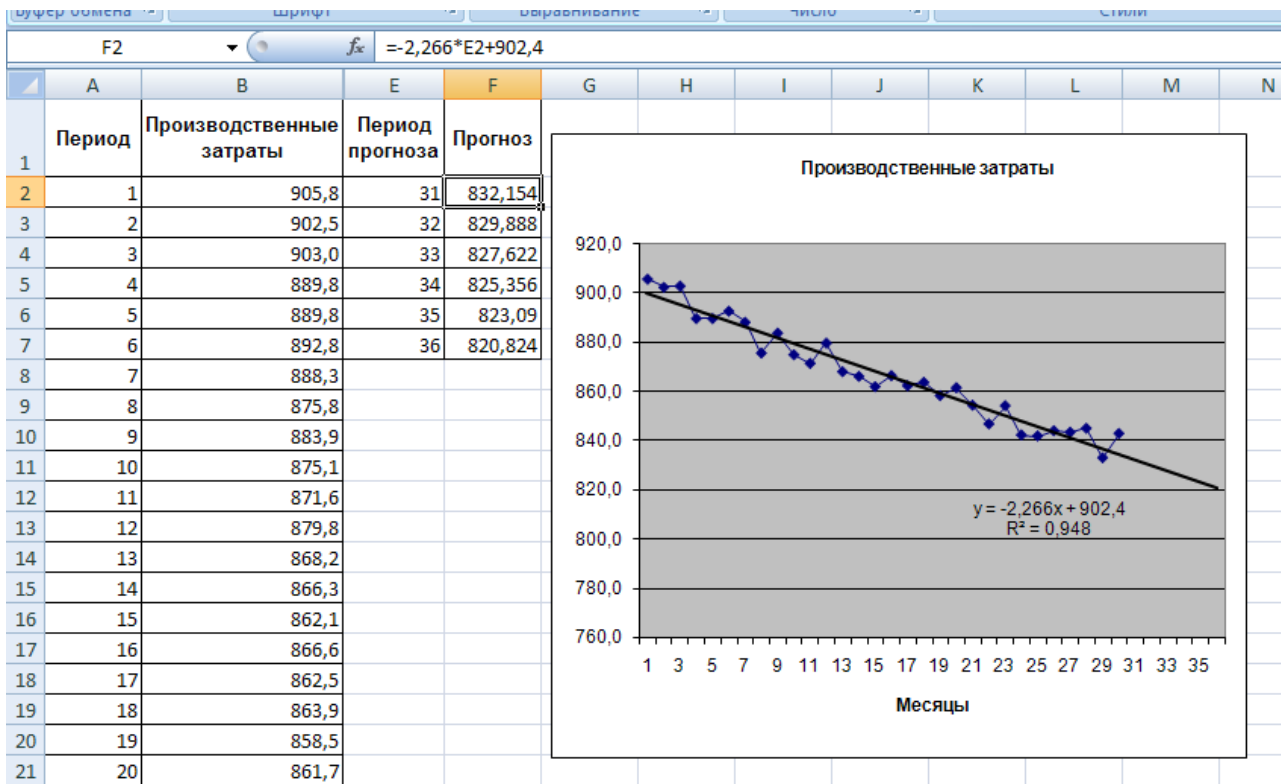


Рис. 9. Прогнозирование производственных затрат

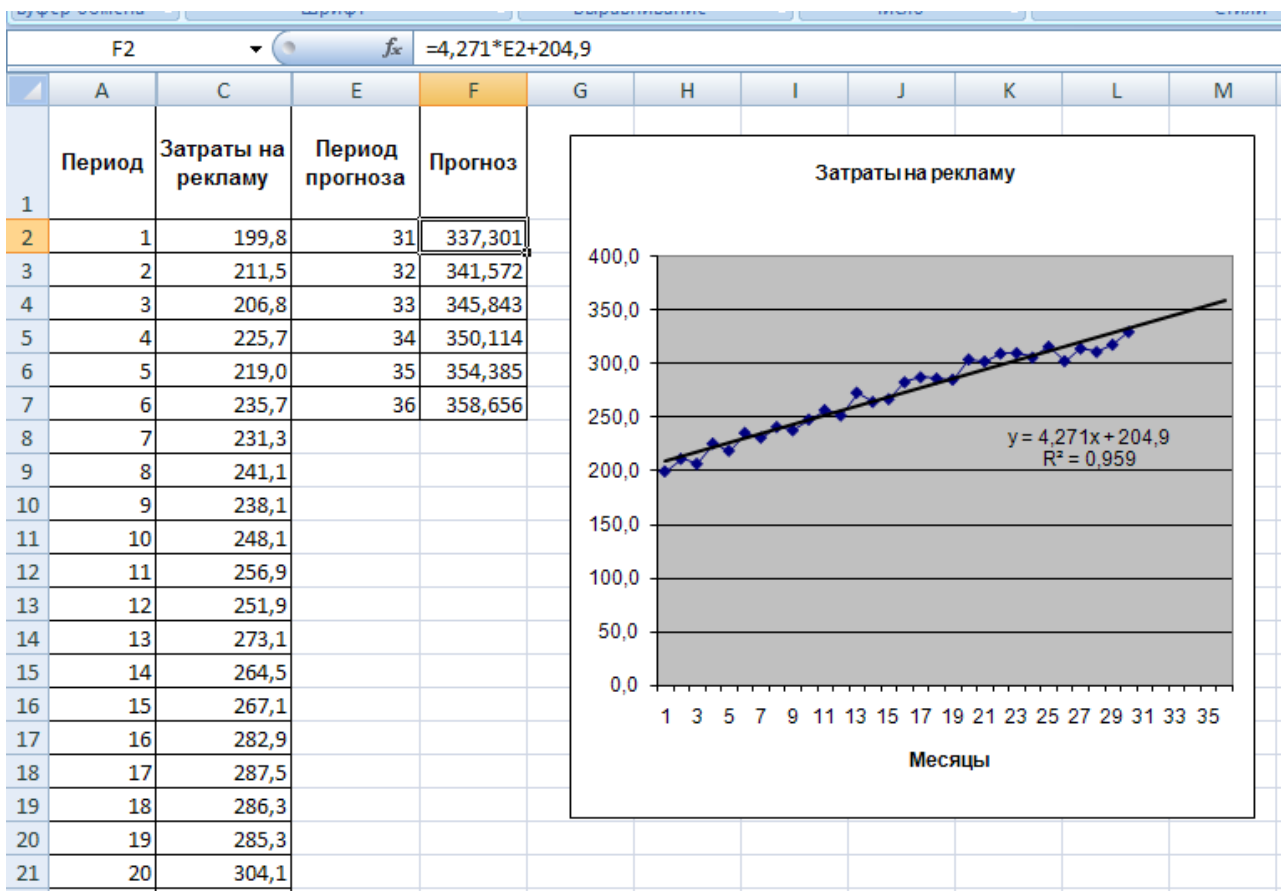


Рис. 10. Прогнозирование затрат на рекламу

В заключение остановимся на вопросе, какой тип линии тренда выбирать. Выбирается тот тип линии тренда, который обеспечивает максимальное значение коэффициента детерминации  $R^2$ . Однако к этому показателю качества аппроксимации надо подходить осторожно, поскольку хорошее качество аппроксимации еще не гарантирует хорошее качество прогнозирования. Например, если к нашим данным применить полиномиальную линию тренда с показателем степени 6, то, как показано на рис. 11, аппроксимация исходных данных будет хорошей, значение коэффициента детерминации достаточно высоким, но прогнозируемые значения явно не соответствуют возможному поведению переменной  $Y$  в будущем.

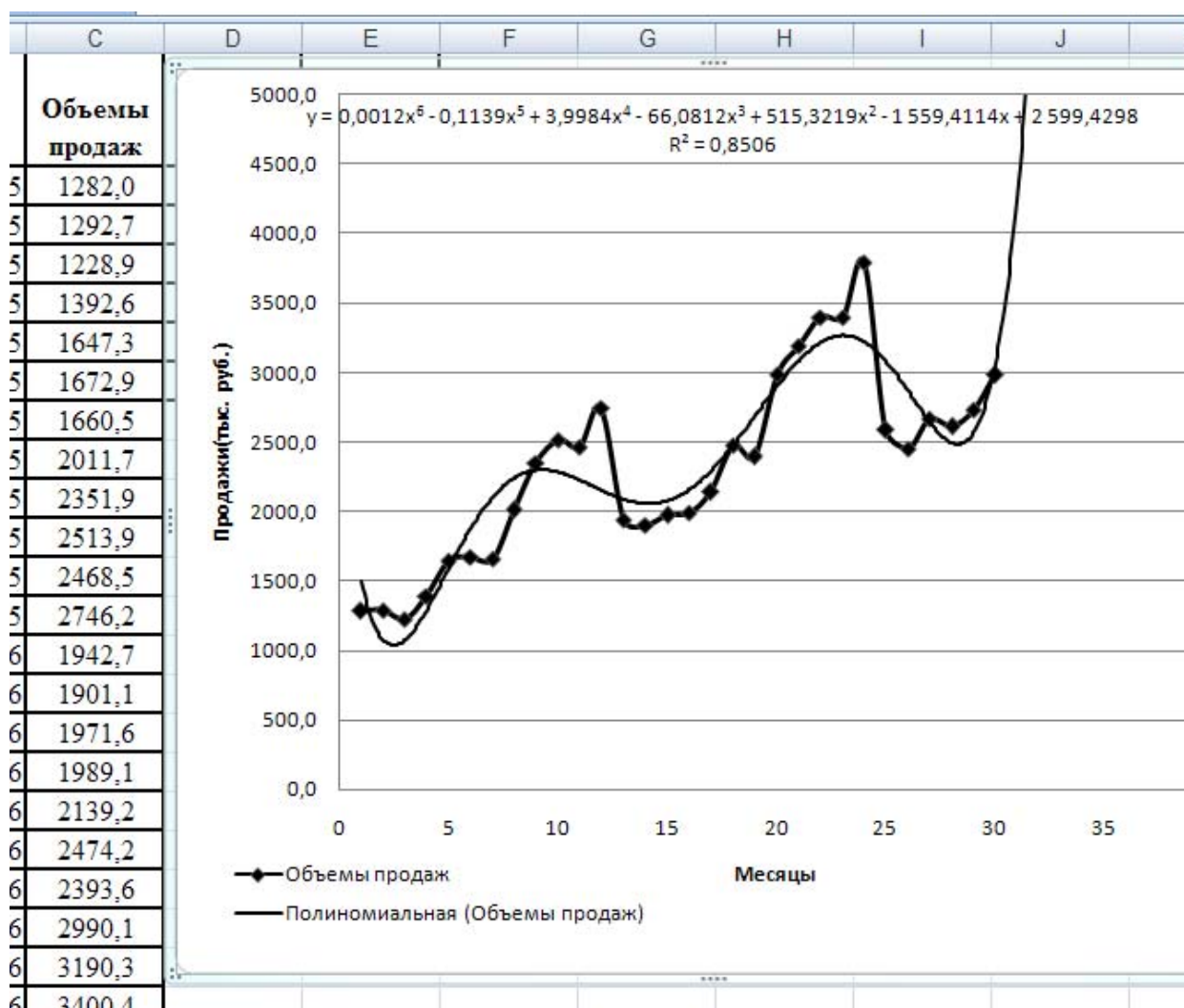


Рис. 11. Полиномиальная линия тренда для объемов продаж

## 4.2. Прогнозирование с помощью встроенных функций Excel

Прогнозирование с помощью функций предоставляет большие возможности, чем графические средства. Некоторые из этих функций дают возможность построить доверительные интервалы для вычисленных прогнозных значений. Эти функции используются для проведения регрессионного анализа.

В регрессионном анализе исследуются зависимости между случайными результирующими показателями  $Y$  от неслучайных входных переменных  $X$ . Математической моделью такого рода зависимостей является уравнение вида:

$$Y(X) = f(X) + \varepsilon,$$

где  $\varepsilon$  – случайная переменная. Это уравнение называется *уравнением регрессии*; функция  $f(X)$  – *функцией регрессии*. (Случайная величина  $\varepsilon$  имеет нормальное распределение с нулевым математическим ожиданием.) Выбор наилучшей в некотором смысле функции  $f(X)$  составляет задачу регрессионного анализа.

Регрессионный анализ решает ту же задачу построения модели данных, что и задача прогнозирования. Методы регрессионного анализа применяются для построения модели данных, но в задаче прогнозирования используются и другие методы, которые не входят в арсенал методов регрессионного анализа.

Приведем список и описание функций, используемых в процессе прогнозирования (табл. 5).

Каждая из этих функций имеет не менее двух аргументов, один из которых задает массив значений независимой переменной  $X$ , а второй – массив значений зависимой переменной  $Y$ . В некоторых функциях можно задавать не только одномерный массив переменной  $X$ , но и двумерный, т.е. существует возможность исследовать зависимость между набором факторов  $X$  и переменной  $Y$  и строить множественную регрессию. Функции **ЛГРФПРИБЛ** и **РОСТ** работают с экспоненциальной регрессией, остальные – с линейной.

## Список функций, применяемых в регрессионном анализе Таблица 5

Функция	Назначение
<b>ЛГРФПРИБЛ</b>	Возвращает параметры кривой, полученной в результате экспоненциальной аппроксимации исходных данных методом наименьших квадратов
<b>ЛИНЕЙН</b>	Возвращает массив коэффициентов функции регрессии, полученный в результате аппроксимации исходных данных методом наименьших квадратов
<b>ПРЕДСКАЗ</b>	Возвращает предсказанное значение функции на основе линейной регрессии для массивов известных значений X и Y или интервалов данных
<b>РОСТ</b>	Рассчитывает прогнозируемый экспоненциальный рост на основании имеющихся данных
<b>СТОШУХ</b>	Возвращает стандартную ошибку аппроксимации для линейной регрессии
<b>ТЕНДЕНЦИЯ</b>	Возвращает значение прогноза в соответствии с линейной функцией регрессии

#### 4.3. Быстрое вычисление прогнозных значений

Для быстрого вычисления прогнозных значений переменной Y без явного построения функции прогнозирования используют статистические функции **ПРЕДСКАЗ**, **РОСТ** и **ТЕНДЕНЦИЯ**.

Эти функции применяются в следующих ситуациях.

- Функция **ПРЕДСКАЗ** применяется, если функция прогнозирования (функция регрессии) зависит от одного фактора X и предполагается, что между прогнозируемой переменной Y и фактором X существует линейная зависимость вида:

$$Y = mX + b.$$

- Функция **ТЕНДЕНЦИЯ** применяется, если функция прогнозирования линейно зависит от нескольких факторов, а также в случае полиномиальной зависимости прогнозируемой переменной Y от одного фактора.

Зависимости между прогнозируемой переменной Y и факторами  $X_1, X_2, \dots, X_k$  имеют вид:

$Y = b_0 + m_1X_1 + m_2X_2 + \dots + m_kX_k$  – линейная множественная регрессия, либо

$Y = b_0 + m_1X + m_2X^2 + \dots + m_kX^k$  – полиномиальная регрессия от одного фактора,

либо в виде комбинации множественной и полиномиальной регрессий.

- Функция **РОСТ** применяется, если функция прогнозирования экспоненциально зависит от нескольких факторов, т.е. предполагается, что между прогнозируемой переменной  $Y$  и факторами  $X_1, X_2, \dots, X_k$  существует зависимость вида:

$$Y = b_0 \cdot m_1^{X_1} \cdot m_2^{X_2} \cdot \dots \cdot m_k^{X_k}.$$

Функция **ПРЕДСКАЗ** имеет синтаксис:

**=ПРЕДСКАЗ(х; Известные значения\_Y; Известные значения\_X),**

где

аргумент **х** – значение фактора, для которого вычисляется прогноз;

аргумент **Известные значения\_Y** – одномерный массив значений переменной  $Y$  (или ссылка на диапазон ячеек, содержащий этот массив);

аргумент **Известные значения\_X** – массив значений фактора  $X$  (или ссылка на диапазон ячеек, содержащий этот массив).

Функции **ТЕНДЕНЦИЯ** и **РОСТ** имеют одинаковый синтаксис:

**=ТЕНДЕНЦИЯ(Известные значения\_Y; Известные значения\_X;  
Новые значения\_x; Константа)**

**=РОСТ(Известные значения\_Y; Известные значения\_X;  
Новые значения\_x; Константа),**

где

аргумент **Известные значения\_Y** – одномерный массив значений переменной  $Y$  (или ссылка на диапазон ячеек, содержащий этот массив);

аргумент **Известные значения\_X** – массив значений факторов  $X_1, X_2, \dots, X_k$  (или ссылка на диапазон ячеек, содержащий этот массив);

аргумент **Новые\_значения\_x** – значения факторов, для которых вычисляется прогнозное значение;

аргумент **Константа** принимает логическое значение: если он имеет значение ИСТИНА или 1 либо опущен, то коэффициент уравнения регрессии  $b_0$  вычисляется как обычно; если же он имеет значение ЛОЖЬ или 0, то коэффициент  $b_0$  полагается равным 0, и значения коэффициентов уравнения регрессии вычисляются с учетом этого условия.

Если в функциях **ТЕНДЕНЦИЯ** и **РОСТ** аргумент **Известные значения\_X** опущен, то предполагается, что это массив натуральных чисел {1; 2; 3;...} такого же размера, как и массив аргумента **Значения\_Y**. Если опущен аргумент **Новые\_значения\_x**, то по умолчанию предполагается, что он совпадает с аргументом **Известные значения\_X**.

Эти функции используют для одновременного вычисления массива прогнозных значений по заданному массиву  $\{x\}$  значений факторов. Для этого в качестве аргумента  $x$  надо указать массив  $\{x\}$ , а саму функцию применяют как формулу массива: выделяют диапазон ячеек, в котором будет записан выходной массив прогнозных значений, затем вводят функцию и завершают процедуру нажатием комбинации клавиш <Ctrl+Shift+Enter>.

На примере покажем применение этих функций для вычисления прогнозных значений производственных затрат, затрат на рекламу и объемов продаж на 31-36 периоды (июль-декабрь 2007 г.). Формулы, вычисляющие прогнозные значения, показаны на рис. 12 (формула для диапазона I4:I9 приведена в строке формул). Обратите внимание на то, что все эти формулы являются формулами массивов – это позволяет с помощью одной формулы получить массив прогнозных значений. При этом аргумент  $x$  у всех использованных функций является ссылкой на диапазон ячеек.

I4										
fx {=ПОСТ(D4:D33;A4:C33;E4:G9)}										
	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	<b>Прогнозирование с помощью статистических функций</b>									
2										
3	<b>Производственные затраты</b>	<b>Затраты на рекламу</b>	<b>Объемы продаж</b>	<b>Период прогноза</b>	<b>Прогноз произв. затрат</b>	<b>Прогноз реклам. затрат</b>	<b>Прогноз объемов продаж Линейный</b>	<b>Прогноз объемов продаж Экспоненциальный</b>		
4	905,8	199,8	1282,0	31	832,128	337,414	3260,640	3455,589		
5	902,5	211,5	1292,7	32	829,861	341,686	3320,715	3554,425		
6	903,0	206,8	1228,9	33	827,594	345,958	3380,791	3656,088		
7	889,8	225,7	1392,6	34	825,327	350,230	3440,867	3760,659		
8	889,8	219,0	1647,3	35	823,061	354,502	3500,943	3868,220		
9	892,8	235,7	1672,9	36	820,794	358,774	3561,018	3978,858		
10	888,3	231,3	1660,5							
11	875,8	241,1	2011,7							
12	883,9	238,1	2351,9							
13	875,1	248,1	2513,9							
14	871,6	256,9	2468,5							
15	879,8	251,9	2746,2							
16	868,2	273,1	1942,7							
17	866,3	264,5	1901,1							
18	862,1	267,1	1971,6							
19	866,6	282,9	1989,1							
20	862,5	287,5	2139,2							
21	863,9	286,3	2474,2							
22	858,5	285,3	2393,6							
23	861,7	304,1	2990,1							
24	854,6	302,2	3190,3							
25	847,0	309,6	3400,4							

Рис. 12. Вычисление прогнозных значений с помощью статистических функций

Получили еще два прогноза объемов продаж на второе полугодие 2007г.: линейный многофакторный (факторы – **Период**, **Производственные затраты** и **Затраты на рекламу**) и экспоненциальный многофакторный. Запишем эти прогнозы в таблицы (табл. 6 и 7). Прогнозы отличаются друг от друга и от первого прогноза (см. табл. 4).

### Линейный многофакторный прогноз объемов продаж на июль-декабрь 2007 г.

Т а б л и ц а 6

Месяц	Прогноз объема продаж, тыс.руб.	Месяц	Прогноз объема продаж, тыс.руб.
Июль	3260,640	Октябрь	3440,867
Август	3320,715	Ноябрь	3500,943
Сентябрь	3380,791	Декабрь	3561,018

### Экспоненциальный многофакторный прогноз

объемов продаж на июль-декабрь 2007 г. Таблица 7

Месяц	Прогноз объема продаж, тыс.руб.	Месяц	Прогноз объема продаж, тыс.руб.
Июль	3455,589	Октябрь	3760,659
Август	3554,425	Ноябрь	3868,220
Сентябрь	3656,088	Декабрь	3978,858

С помощью функции ТЕНДЕНЦИЯ вычислим прогнозные значения для полиномиальной функции регрессии. Допустим, что в нашем примере объемы продаж полиномиально зависят от времени (ограничимся многочленом третьей степени):  $Y = b_0 + m_1t + m_2t^2 + m_3t^3$ .

В этом случае необходимо, чтобы в качестве аргумента **Известные значения\_X** были заданы значения  $t^2$  и  $t^3$ . Эти значения на рабочем листе, показанном на рис. 13, вычисляются в столбцах В и С. Аналогично для значений периодов, для которых вычисляется прогноз, необходимо подсчитать квадраты и кубы этих периодов (значения в столбцах I и J на рис. 13). Формула, по которой вычисляются прогнозные значения в столбце К, показана в строке формул. Получили еще один прогноз.

### Полиномиальный прогноз

объемов продаж на июль-декабрь 2007 г. Таблица 8

Месяц	Прогноз объема продаж, тыс.руб.	Месяц	Прогноз объема продаж, тыс.руб.
Июль	2719,8142	Октябрь	2447,6482
Август	2643,7094	Ноябрь	2326,4983
Сентябрь	2553,1863	Декабрь	2189,1400



H2		fx {=ТЕНДЕНЦИЯ(D2:D31;A2:C31;E2:G7)}						
	A	B	C	D	E	F	G	H
	Период	Период в квадрате	Период в кубе	Объемы продаж	Период прогноза	Период прогноза в квадрате	Период прогноза в кубе	Прогноз объемов продаж Полиномиальный
1								
2	1	1	1	1282,0	31	961	29791	2719,8142
3	2	4	8	1292,7	32	1024	32768	2643,7094
4	3	9	27	1228,9	33	1089	35937	2553,1863
5	4	16	64	1392,6	34	1156	39304	2447,6482
6	5	25	125	1647,3	35	1225	42875	2326,4983
7	6	36	216	1672,9	36	1296	46656	2189,1400
8	7	49	343	1660,5				
9	8	64	512	2011,7				
10	9	81	729	2351,9				
11	10	100	1000	2513,9				
12	11	121	1331	2468,5				
13	12	144	1728	2746,2				
14	13	169	2197	1942,7				
15	14	196	2744	1901,1				
16	15	225	3375	1971,6				
17	16	256	4096	1989,1				

Рис. 13. Вычисление прогнозных значений для полиномиальной регрессии

#### 4.4. Быстрое вычисление коэффициента детерминации и доверительных интервалов для прогнозных значений

В результате вычислений с помощью статистических функций получено четыре набора прогнозных значений (см. табл. 4, 6, 7 и 8) – какой же из них выбрать? Естественно отдать предпочтение тому, который более точен. Но как определить точность прогноза? На этот вопрос есть два ответа: во-первых, можно использовать в качестве «измерителя» точности прогноза коэффициент детерминации  $R^2$ , во-вторых, можно построить для вычисленных прогнозных значений *доверительные интервалы*, которые бы содержали неизвестное, но «точное» значение прогноза с заданной вероятностью.

Коэффициент детерминации показывает, насколько точно аппроксимированы исходные данные функцией прогнозирования. Если этот коэффициент имеет значение близкое к единице, то считается, что функция прогнозирования достаточно точно описывает прогнозируемую переменную  $Y$  в «прошлом», и на этом основании делается вывод, что вычисленные значения

функции прогнозирования также будут точно соответствовать «будущим» значениям переменной  $Y$ . Однако, это не всегда соответствует действительности. Коэффициент детерминации не всегда вычисляется автоматически, как при построении линии тренда для первого прогноза (рис. 7). Во время вычисления следующих прогнозов значение коэффициента детерминации автоматически не было получено. Коэффициент детерминации могут вычислить функции **ЛИНЕЙН** и **ЛГРФПРИБЛ**.

Функция **ЛИНЕЙН** предназначена для вычисления коэффициентов множественной линейной или полиномиальной регрессий, а функция **ЛГРФПРИБЛ** – для вычисления коэффициентов экспоненциальной регрессии. Эти функции имеют аргумент **Статистика**, и если этот аргумент будет равен 1 или **ИСТИНА**, то функция выводит дополнительный набор статистических характеристик регрессии, среди которых и находится коэффициент детерминации.

Функция **ЛИНЕЙН** вычисляет коэффициенты  $b_0, m_1, \dots, m_k$  в уравнении линейной множественной регрессии:

$$Y = b_0 + m_1 X_1 + m_2 X_2 + \dots + m_k X_k,$$

либо эти же коэффициенты в уравнении полиномиальной регрессии (от одного фактора):

$$Y = b_0 + m_1 X + m_2 X^2 + \dots + m_k X^k.$$

Функция **ЛГРФПРИБЛ** вычисляет коэффициенты  $b_0, m_1, \dots, m_k$  в уравнении экспоненциальной регрессии:

$$Y = b_0 \cdot m_1^{X_1} \cdot m_2^{X_2} \cdot \dots \cdot m_k^{X_k}.$$

Эти функции имеют одинаковый синтаксис:

=**ЛИНЕЙН**(Известные\_значения\_Y; Известные\_значения\_X; Константа; Статистика),

=**ЛГРФПРИБЛ**(Известные\_значения\_Y; Известные\_значения\_X; Константа; Статистика),

где

аргумент **Известные\_значения\_Y** – одномерный массив (или ссылка на диапазон ячеек, содержащий этот массив) значений переменной Y;

аргумент **Известные\_значения\_X** – массив (или ссылка на диапазон ячеек, содержащий этот массив) значений факторов X. Если данный аргумент опущен, предполагается, что это массив натуральных чисел {1; 2; 3;...} такого же размера, как и массив Значения\_Y;

аргумент **Константа** – логическое значение, которое указывает, должен ли коэффициент  $b_0$  быть равным 0. Если этот аргумент имеет значение ИСТИНА, 1 или опущен, то коэффициент  $b_0$  вычисляется как обычно. Если аргумент имеет значение ЛОЖЬ или 0, то  $b_0$  полагается равным 0, и значения коэффициентов  $m_i$  подбираются с учетом этого условия;

аргумент **Статистика** принимает логическое значение, которое указывает, требуется ли рассчитывать дополнительные статистические характеристики регрессии. Если этот аргумент имеет значение ИСТИНА или 1, то функция рассчитывает и выводит эти дополнительные характеристики (табл. 9). Если аргумент Статистика имеет значение ЛОЖЬ, 0 или опущен, то функция возвращает только значения коэффициентов  $m_i$  и  $b_0$ .

Функции возвращают массивы значений коэффициентов  $m_i$  и  $b_0$  (не менее двух значений), а также дополнительные статистические характеристики (если аргумент **Статистика** равен ИСТИНА). Поэтому функции должны обязательно задаваться в виде формулы массива (с использованием для ввода комбинации клавиш <Ctrl+Shift+Enter>), в противном случае (при вводе функции в одну ячейку) будет выведено значение только коэффициента  $m_k$ .

## Статистические характеристики, рассчитываемые

функциями **ЛИНЕЙН** и **ЛГРФПРИБЛ**

Т а б л и ц а 9

Характеристика	Описание
$s_1, s_2, \dots, s_k$	Среднеквадратические отклонения для коэффициентов $m_1, m_2, \dots, m_k$
$s_b$	Среднеквадратическое отклонение для коэффициента $b_0$ (это значение будет иметь значение ошибки #Н/Д, если аргумент Константа имеет значение <b>ЛОЖЬ</b> )
$R^2$	Коэффициент детерминации
$s_\varepsilon$	Остаточное среднеквадратическое отклонение (стандартная ошибка регрессии)
$F$	Критериальная статистика для проверки значимости уравнения регрессии
$df$	Степень свободы
$SS_1$	Сумма квадратов регрессии
$SS_2$	Сумма квадратов остатков

В выходном массиве данные располагаются следующим образом.

$m_k$	$m_{k-1}$	...	$m_2$	$m_1$	$b_0$
$s_k$	$s_{k-1}$	...	$s_2$	$s_1$	$s_b$
$R^2$	$s_\varepsilon$				
$F$	$df$				
$SS_1$	$SS_2$				

Остальные ячейки этого массива заполняются значениями #Н/Д.

Пример вычисления функции статистических характеристик с помощью функции **ЛИНЕЙН** для второго (линейного многофакторного) прогноза показан на рис. 14. Чтобы выполнить эти вычисления, сначала выделите диапазон F4:I8 (4 столбца в соответствии с количеством коэффициентов уравнения регрессии и 5 строк), не снимая выделения, введите формулу **=ЛИНЕЙН(D4:D33;A4:C33;;1)** и затем нажмите клавиши <Ctrl+Shift+Enter>. Значение коэффициента детерминации записано в ячейке F6. Как видите, его значение **0,672035** не очень велико.

F4      {=ЛИНЕЙН(D4:D33;A4:C33;;1)}									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	<b>Вычисление коэффициента детерминации</b>								
2									
3	Период	Производственные затраты	Затраты на рекламу	Объемы продаж	Статистические характеристики для множественной линейной регрессии				
4	1	905,8	199,8	1282,0	18,05343	-6,09291	-30,8583	3195,834	
5	2	902,5	211,5	1292,7	10,31415	17,06484	49,24343	16198,07	
6	3	903,0	206,8	1228,9	0,672035	405,7002	#Н/Д	#Н/Д	
7	4	889,8	225,7	1392,6	17,75892	26	#Н/Д	#Н/Д	
8	5	889,8	219,0	1647,3	8768966	4279410	#Н/Д	#Н/Д	
9	6	892,8	235,7	1672,9					
10	7	888,3	231,3	1660,5					
11	8	875,8	241,1	2011,7					
12	9	883,9	238,1	2351,9					
13	10	875,1	248,1	2513,9					
14	11	874,6	256,0	2468,5					

Рис. 14. Вычисление статистических характеристик для линейного многофакторного уравнения регрессии

Вычисление аналогичных статистических характеристик для оставшихся двух прогнозов показано на рис. 15, 16. Соответствующие формулы приведены в строке формул рабочего листа.

F5      {=ЛГРФПРИБЛ(D4:D33;A4:C33;;1)}									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	<b>Вычисление коэффициента детерминации</b>								
2									
3	Период	Производственные затраты	Затраты на рекламу	Объемы продаж	Статистические характеристики для множественной экспоненциальной регрессии				
4	1	905,8	199,8	1282,0					
5	2	902,5	211,5	1292,7	1,008127	0,99467	0,981678	34099,94	
6	3	903,0	206,8	1228,9	0,004268	0,007061	0,020376	6,702417	
7	4	889,8	225,7	1392,6	0,726559	0,16787	#Н/Д	#Н/Д	
8	5	889,8	219,0	1647,3	23,02814	26	#Н/Д	#Н/Д	
9	6	892,8	235,7	1672,9	1,946826	0,73269	#Н/Д	#Н/Д	
10	7	888,3	231,3	1660,5					
11	8	875,8	241,1	2011,7					
12	9	883,9	238,1	2351,9					
13	10	875,1	248,1	2513,9					

Рис. 15. Вычисление статистических характеристик для экспоненциального многофакторного уравнения регрессии

F2      fx {=ЛИНЕЙН(D2:D31;A2:C31;;1)}									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Период	Период в квадрате	Период в кубе	Объемы продаж		Статистические характеристики для полиномиальной регрессии третьей степени			
2	1	1	1	1282,0		-0,09945	2,337632	72,6752	1183,014
3	2	4	8	1292,7		0,144229	6,794883	91,44363	332,7638
4	3	9	27	1228,9		0,681266	399,9502	#Н/Д	#Н/Д
5	4	16	64	1392,6		18,52422	26	#Н/Д	#Н/Д
6	5	25	125	1647,3		8889411	4158964	#Н/Д	#Н/Д
7	6	36	216	1672,9					
8	7	49	343	1660,5					
9	8	64	512	2011,7					
10	9	81	729	2351,9					

Рис. 16. Вычисление статистических характеристик для полиномиального уравнения регрессии третьей степени

Запишем все найденные коэффициенты детерминации в одну таблицу (табл. 10)

#### Коэффициенты детерминации      Таблица 10

Модель уравнения регрессии	Коэффициент детерминации
Линейная однофакторная	0,7365
Линейная многофакторная	0,672035
Экспоненциальная многофакторная	0,726559
Полиномиальная третьей степени	0,681266

Как видно из таблицы, значения коэффициентов детерминации не велики, поэтому трудно отдать предпочтение тому или иному прогнозу. Это означает, что все модели данных не адекватно описывают поведение прогнозируемой переменной  $Y$ . Это происходит потому, что не учитываются сезонные изменения. Однако выделить сезонную составляющую не просто, и методы ее выделения не входят в быстрые методы получения прогноза.

#### 4.5. Построение доверительного интервала

**Доверительным интервалом** для прогнозного значения называется случайный интервал, который с заданной вероятностью  $\alpha$  содержит неизвестное точное значение функции  $F(X)$ . Вероятность  $\alpha$  называется *доверительным уровнем* или *надежностью*.

Быстрое вычисление доверительных интервалов имеет некоторые ограничения.

- Вычисление доверительных интервалов возможно только в случае, если прогнозируемая переменная зависит от одного фактора.
- Предполагается, что прогнозируемая переменная зависит от этого фактора в виде полиномиальной регрессии:

$$Y = b_0 + m_1X + m_2X^2 + \dots + m_kX^k .$$

- Для построения доверительных интервалов должны выполняться статистические условия (независимость и нормальное распределение остатков с нулевыми математическими ожиданиями и одинаковыми дисперсиями), которые необходимо проверить до построения доверительных интервалов и которые не выполняются, если функция прогнозирования плохо аппроксимирует прогнозируемую переменную.

Несмотря на это покажем, как строятся простейшие доверительные интервалы.

Предположим, что прогнозируемая переменная  $Y$  (объемы продаж) зависит только от временных периодов. Выразим эту зависимость с помощью многочлена второй степени:

$$Y = b_0 + m_1t + m_2t^2 ,$$

где коэффициенты  $b_0, m_1$  и  $m_2$  необходимо вычислить. Для вычисления этих коэффициентов и других статистических показателей используем функцию **ЛИНЕЙН**.

Рабочий лист, на котором вычисляются коэффициенты функции регрессии  $b_0, m_1$  и  $m_2$ , статистические показатели этой функции, прогнозные значения и доверительные интервалы для них, показан на рис. 17.

Так как используется квадратичная регрессия, то для вычислений необходимо подсчитать значения  $t^2$ , что сделано в столбце В.

С помощью функции **ЛИНЕЙН** вычислим коэффициенты функции регрессии и статистические показатели с помощью формулы массива  $\{=ЛИНЕЙН(F2:F31;B2:C31;;1)\}$ , записанной в диапазоне E10:G14. Значения коэффициентов  $b_0, m_1$  и  $m_2$  записаны в ячейках E10:G10.

Вычислим значения прогноза на 31-36 периоды. Это сделано в ячейках F2:F7. В ячейку F2 записана формула, показанная на рис. 17 в строке формул, которая затем копируется вниз до ячейки F7.

F2		fx = \$G\$10+\$F\$10*D2+\$E\$10*E2									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
1	Период	Период в квадрате	Объемы продаж	Период прогноза	Период прогноза в квадрате	Прогноз	Доверительный интервал				
2	1	1	1282,0	31	961	2882,587	1613,876	4151,299	=F2+3*F18		
3	2	4	1292,7	32	1024	2869,492	1592,884	4146,1			
4	3	9	1228,9	33	1089	2851,823	1566,878	4136,768	=F2-3*F18		
5	4	16	1392,6	34	1156	2829,581	1535,867	4123,294			
6	5	25	1647,3	35	1225	2802,765	1499,859	4105,671			
7	6	36	1672,9	36	1296	2771,377	1458,864	4083,889			
8	7	49	1660,5								
9	8	64	2011,7								
10	9	81	2351,9		m2	m1	b0				
11	10	100	2513,9		-2,28660714	130,9605	1020,241				
12	11	121	2468,5		1,08090414	34,53372	232,2336				
13	12	144	2746,2		0,67543766	396,0458	#Н/Д	{=ЛИНЕЙН(C2:C31;A2:B31;;1)}			
14	13	169	1942,7		28,0944743	27	#Н/Д				
15	14	196	1901,1		8813364,18	4235011	#Н/Д				
16	15	225	1971,6		Среднее X	15,5	=СРЗНАЧ(A2:A31)				
17	16	256	1989,1		Сумма квадратов X	2247,5	{=СУММКВ(A2:A31-\$F\$15)}				
18	17	289	2139,2		Ст. отклонение 31	422,9038	=F\$12*КОРЕНЬ(1+1/30+((D2-\$F\$16)^2)/F\$17)				
19	18	324	2474,2		Ст. отклонение 32	425,536	=F\$12*КОРЕНЬ(1+1/30+((D3-\$F\$16)^2)/F\$17)				
20	19	361	2393,6		Ст. отклонение 33	428,315	=F\$12*КОРЕНЬ(1+1/30+((D4-\$F\$16)^2)/F\$17)				
21	20	400	2990,1		Ст. отклонение 34	431,238	=F\$12*КОРЕНЬ(1+1/30+((D5-\$F\$16)^2)/F\$17)				
22	21	441	3190,3		Ст. отклонение 35	434,302	=F\$12*КОРЕНЬ(1+1/30+((D6-\$F\$16)^2)/F\$17)				
23	22	484	3400,4		Ст. отклонение 36	437,504	=F\$12*КОРЕНЬ(1+1/30+((D7-\$F\$16)^2)/F\$17)				
24	23	529	3399,5								
25	24	576	3793,9								

Рис. 17. Вычисление доверительных интервалов для прогнозных значений



Вычислим границы доверительных интервалов прогнозных значений. Приведем для этого необходимую последовательность формул. Обозначим через  $x_1, x_2, \dots, x_n$  множество значений фактора  $X$  ( $n$  – количество исходных данных), через  $x_0$  – значение фактора, для которого необходимо спрогнозировать значение переменной  $Y$ . За значение переменной  $Y$  в точке  $x_0$  принимается величина  $\tilde{y} = f(x_0)$ .

Для построения доверительного интервала для величины  $\tilde{y} = f(x_0)$  с заданным доверительным уровнем  $\alpha$ , необходимо выполнить следующую последовательность вычислений.

1. Вычислить значение  $\tilde{y} = f(x_0)$ .

2. Вычислить среднее  $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$  значений  $x_1, x_2, \dots, x_n$  и сумму

$$SS_x = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2.$$

3. Найти стандартную ошибку прогноза по формуле:

$$s_0 = s_\varepsilon \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_0 - \bar{x})^2}{SS_x}},$$

где  $s_\varepsilon$  – среднеквадратическое отклонение остатков (вычисляется с помощью функции **ЛИНЕЙН**).

4. Определить квантиль  $t$  порядка  $(1 + \alpha)/2$  распределения Стьюдента с  $(n - k - 1)$  степенью свободы ( $k$  – степень многочлена функции регрессии).

5. Вычислить нижнюю  $\tilde{y} - t \cdot s_0$  и верхнюю  $\tilde{y} + t \cdot s_0$  границы доверительного интервала.

Квантилем порядка  $p$  случайной величины  $X$  называется такое число  $\xi_p$ , для которого выполняется вероятностное равенство  $P(X < \xi_p) = p$ .

Величина квантиля  $t$  распределения Стьюдента зависит от заданного доверительного уровня  $\alpha$ , который чаще всего задается величиной 95%. Из приведенных в п. 5 формул видно, что квантиль  $t$  определяет длину

доверительного интервала в зависимости от заданного доверительного уровня. Чем больше значение  $t$ , тем больше (по длине) доверительный интервал. В качестве параметра, определяющего длину доверительного интервала, квантиль распределения Стьюдента выступает только при выполнении статистических условий, налагаемых на модель регрессии (независимость и нормальное распределение остатков с нулевыми математическими ожиданиями и одинаковыми дисперсиями).

В нашем случае при заданном доверительном уровне 95% вместо квантиля  $t$  распределения Стьюдента рекомендуется брать число 3 согласно эмпирическому правилу «трех сигм» (или правилу  $3S$ ).

В приведенной выше схеме вычисления доверительного интервала п. 4 пропускаем, а в п. 5 нижнюю и верхнюю границы доверительного интервала вычисляем по формулам  $\tilde{y} - 3s_0$  и  $\tilde{y} + 3s_0$  соответственно.

Соответствующие формулы вычисления доверительных интервалов на рабочем листе Excel показаны на рис. 16. Придерживаясь последовательности вычислений доверительных интервалов, вычислим:

- среднее  $\bar{x}$  (ячейка F16);
- сумму  $SS_x$  (ячейка F17). Сумму  $SS_x = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$  можно вычислить разными способами (например, используя функцию СУММКВ);
- в ячейках F18:F23 вычисляются стандартные отклонения прогнозов для каждого периода 31, 32, ..., 36;
- значение среднеквадратического отклонения остатков  $s_e$  вычисляется функцией ЛИНЕЙН и содержится в ячейке F12.

Для линейной регрессии значение среднеквадратического отклонения остатков  $s_e$  вычисляет функция СТОШУХ.

Границы доверительных интервалов вычисляются в диапазонах G2:G7 (нижние границы) и H2:H7 (верхние границы). Для их вычисления в ячейки G2 и H2 вводятся формулы, показанные на рис. 16, которые затем копируются в оставшиеся ячейки этих диапазонов.

Все вычисления доверительных интервалов завершены. Построим график, на котором отобразим исходные данные (значения переменной  $Y$ ), линию регрессии, вычисленные прогнозные значения, а также верхние и нижние границы доверительных интервалов. Такой график показан на рис. 18.

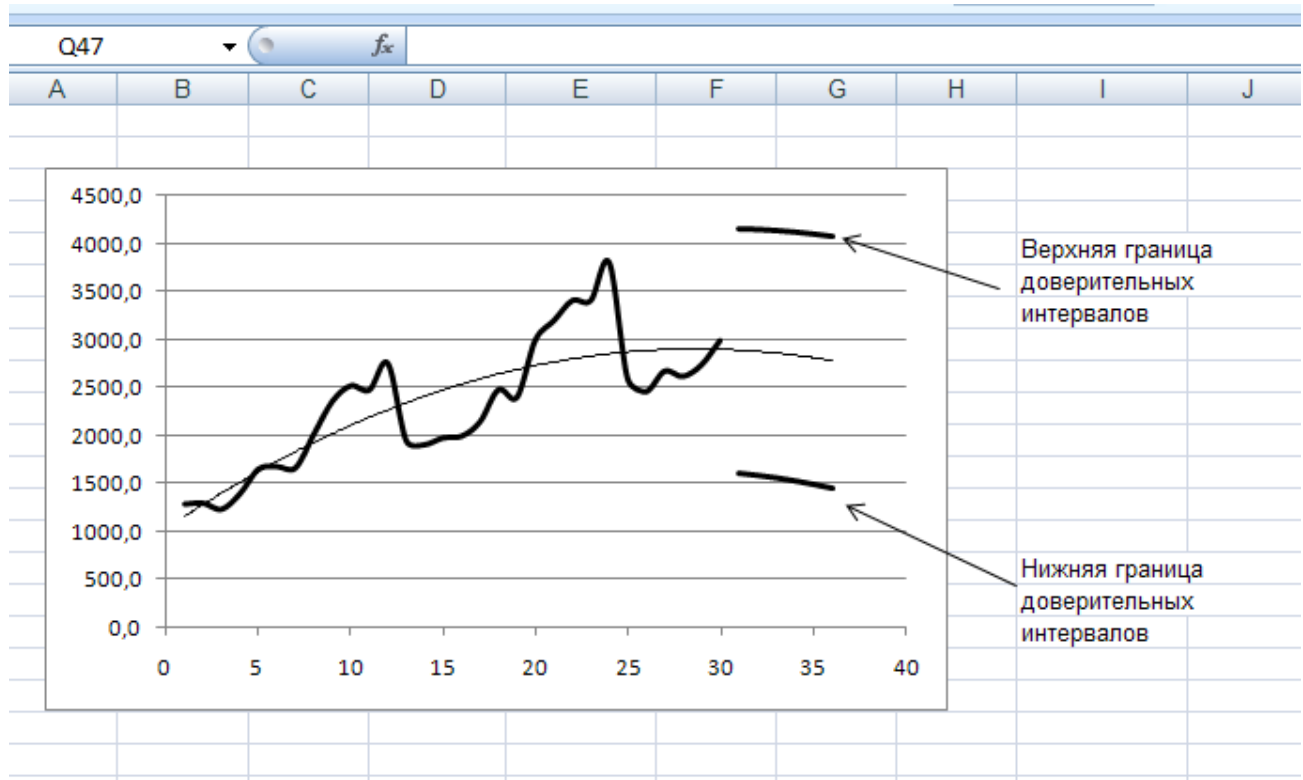


Рис. 18. Графическое представление доверительных интервалов

Как видно из графика, доверительные интервалы охватывают практически весь диапазон возможных значений переменной  $Y$ . Это подтверждает, что выбранная модель данных, основанная только на уравнении регрессии, зависящей от времени, плохо соответствует исходным данным. Для выполнения качественного прогнозирования необходим полный анализ данных.

## Заключение

Мы рассмотрели быстрые способы прогнозирования с помощью встроенных средств, предоставляемых Excel. Какие же выводы можно сделать из описания быстрых способов прогнозирования?

- Во-первых, в Excel имеется достаточно средств для быстрого построения разнообразных функций регрессии т.е. для выделения трендовой составляющей модели данных и для построения на этой основе прогноза.
- Во-вторых, графические средства Excel позволяют строить линию тренда для прогнозируемой переменной, зависящей только от одного фактора. Для перевода графического представления прогноза в числовой формат необходимо выполнить дополнительные вычисления.
- В-третьих, с помощью функций Excel сравнительно просто построить доверительные интервалы для прогнозных значений только в случае, если прогнозируемая переменная зависит от одного фактора.
- В-четвертых, поскольку в Excel нет отдельных средств для выделения сезонной составляющей, с помощью встроенных средств Excel можно построить более-менее точный прогноз только в том случае, если исходные данные не содержат сезонных изменений.

Для получения качественного прогноза необходим полный анализ имеющихся данных. Анализ данных включает в себя несколько этапов.

Первый этап – это подготовка данных к прогнозированию. На этом этапе рассматриваются такие вопросы, как восстановление пропущенных данных, анализ значительно отличающихся значений данных (анализ выбросов), отбор влияющих факторов и введение в модель данных новых факторов.

На втором этапе необходимо решить проблему выбора функции прогнозирования, от которой зависит качество будущего прогноза. Чтобы из нескольких моделей данных выбрать наилучшую, чтобы быть уверенным в качестве выбранной модели и чтобы определить точность вычисленных прогнозных значений, необходимо также оценить статистические свойства случайного процесса.

На третьем этапе проводят сглаживание данных. Это способ уменьшения влияния на данные случайных факторов. В результате применения к исходным данным методов сглаживания получают новые данные, в которых в значительной степени уменьшено присутствие случайной составляющей, и лучше прослеживаются общие тенденции, заложенные в исходных данных.

После всех этих приготовлений приступают непосредственно к построению моделей данных – это выделение трендовой составляющей и выделение сезонной составляющей, а затем непосредственно к получению прогнозных значений. Как видите построение качественного прогноза – процесс весьма трудоемкий. Качественный прогноз может дать только качественная модель данных. Прогнозирование действительно помогает заглянуть за горизонт завтрашнего дня и тем приносит несомненную пользу в процессах принятия решений.

## Контрольные вопросы

1. Дайте определения понятия «прогноз».
2. В чем состоит сущность прогнозирования?
3. Что представляет собой наука прогностика, предмет ее изучения?
4. Покажите роль прогнозирования в функционировании предприятия или организации при принятии управленческих решений.
5. Что может выступать в качестве объектов прогнозирования?
6. Укажите основные отличия и сходства прогноза и гипотезы; прогноза и плана. Как изменяется уровень определенности информации в зависимости от вида предсказания?
7. Определите признаки классификации прогнозов.
8. Опишите суть поискового и нормативного способов прогнозирования.
9. Назовите и дайте краткую характеристику основных подходов к прогнозированию.
10. Перечислите и укажите существенные особенности основных функций и принципов прогнозирования.
11. Выделите основные этапы процедуры прогнозирования.
12. Приведите основные типы прогнозов социально-экономических процессов.
13. Что такое метод прогнозирования?
14. Назовите характерные черты, присущие методам прогнозирования.
15. Какие бывают методы прогнозирования и в чем их отличия?
16. Каков общий алгоритм построения прогнозов?
17. Какие средства для построения математических моделей и прогнозирования состояния моделируемого объекта содержит Excel?
18. Что такое уравнение регрессии?
19. Какие виды регрессии различают? Приведите примеры.
20. Что показывает коэффициент детерминации?

21. В чем заключается задача построения регрессионной зависимости?
22. Какие графически средства Excel применяются для получения прогнозов?
23. Изложите процедуру построения линии тренда.
24. Можно ли, используя графические средства построения прогнозов, определить числовые величины прогнозных значений?
25. Какая статистическая функция применяется для нахождения коэффициентов линейной однофакторной регрессии?
26. С помощью какой функции можно найти прогнозные значения, если функция прогнозирования экспоненциально зависит от нескольких факторов?
27. С помощью какой функции можно определить коэффициент детерминации  $R^2$  для полиномиальной аппроксимации наблюдаемой величины?
28. Что такое доверительные интервалы? Изложите алгоритм построения доверительных интервалов.
29. Какие статистические функции используются для вычисления доверительных интервалов?
30. Существуют ли в Excel встроенные функции для выделения сезонной составляющей?

## Задачи для самостоятельного решения

1. В таблице приведена средняя урожайность с/х культуры (центнеров с га) в зависимости от числа лет, прошедших с момента внесения удобрений. Построить экспоненциальную регрессионную модель, дать прогноз урожайности через 6 лет с момента внесения удобрений с помощью функций Excel. Построить графики теоретического и реального рядов.

<b>Срок</b>	1	2	3	4	5
<b>Урожайность</b>	40	25	20	17,5	16

2. По данным бюджетного обследования семи случайно выбранных семей изучалась зависимость накоплений  $y$  от дохода  $x_1$  и стоимости имущества  $x_2$ .

Исходные данные:

$x_1$	40	55	45	30	30	60	50
$x_2$	60	40	40	15	90	30	30
$y$	2	7	5	4	2	7	6

Определить:

- Коэффициенты уравнения линейной многофакторной регрессии.
  - Прогнозируемые накопления семьи с доходом 40 усл. ед. и имуществом стоимостью 25 усл. ед., используя уравнение регрессии и встроенную функцию Excel.
  - Определить коэффициент детерминации.
3. Используя графические средства прогнозирования, составить прогноз продаж мяса на будущий период (III и IV кварталы текущего года) на основе информации о продаже мяса, приведенной в таблице.

### Объем продаж мяса, тыс. т

Период продаж	Объем продаж	Период продаж	Объем продаж
I квартал 2005 г.	1834	II квартал 2006 г.	1486
II квартал 2005 г.	1641	III квартал 2006 г.	1617
III квартал 2005 г.	1791	IV квартал 2006 г.	3045
IV квартал 2005 г.	3332	I квартал 2007 г.	1546
I квартал 2006 г.	1658	II квартал 2007 г.	1404



4. Застройщик оценивает стоимость группы небольших офисных зданий в традиционном деловом районе. Застройщик может использовать множественный регрессионный анализ для оценки цены офисного здания в заданном районе на основе следующих переменных.

$Y$  – оценочная цена здания под офис;

$X_1$  – общая площадь в квадратных метрах;

$X_2$  – количество офисов;

$X_3$  – количество входов (0,5 входа означает вход только для доставки корреспонденции);

$X_4$  – время эксплуатации здания в годах.

Предполагается, что существует линейная зависимость между независимыми переменными ( $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  и  $X_4$ ) и зависимой переменной ( $Y$ ). Определите коэффициенты линейного многофакторного уравнения регрессии. Запишите вид этой зависимости. Исходные данные показаны на рисунке.

	A	B	C	D	E
1	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$y$
2	2310	2	2	20	142000
3	2333	2	2	12	144000
4	2356	3	1,5	33	151000
5	2379	3	2	43	150000
6	2402	2	3	53	139000
7	2425	4	2	23	169000
8	2448	2	1,5	99	126000
9	2471	2	2	34	142900
10	2494	3	3	23	163000
11	2517	4	4	55	169000
12	2540	2	3	22	149000

5. В результате применения функции для нахождения коэффициентов уравнения линейной регрессии получили следующую таблицу значений

-0,03376	0,129512	0,449811
0,017384	0,036573	2,064993
0,862941	0,96945	#Н/Д
12,59226	4	#Н/Д
23,66924	3,759332	#Н/Д

Запишите общий вид этой зависимости.

6. Имеем следующие экспериментальные данные:

<b>t</b>	<b>X1</b>	<b>X2</b>	<b>X3</b>	<b>X4</b>	<b>X5</b>	<b>Y</b>
1	164.70	86.00	32.00	112.70	136.20	104.94
2	183.99	73.25	37.00	110.40	126.80	147.25
3	198.31	62.00	61.00	108.10	117.80	136.00
4	203.96	59.63	59.50	108.05	113.50	146.36
5	209.61	57.25	58.00	108.00	109.20	148.50
6	218.85	44.00	85.00	106.10	101.00	173.14
7	226.58	39.25	91.00	100.40	93.20	155.08
8	229.85	34.13	104.00	99.85	89.50	180.07
9	233.13	29.00	117.00	99.30	85.80	162.60
10	238.76	28.25	113.00	95.20	78.80	179.02
11	243.62	17.00	143.00	92.90	72.20	170.36
12	245.74	13.63	149.00	92.35	69.10	198.62
13	247.85	10.25	155.00	91.80	66.00	180.41
14	251.52	9.00	172.00	90.90	10.00	206.84
15	254.73	6.25	187.00	87.80	7.80	168.72
16	256.13	3.13	189.50	85.25	7.70	200.00
17	257.52	0.00	192.00	82.70	7.60	167.69
18	259.95	-4.75	197.00	81.80	6.40	205.48
19	262.05	-10.00	228.00	77.90	5.20	182.22
20	262.96	-9.50	235.50	78.25	4.10	204.00
21	263.86	-9.00	243.00	78.60	3.00	187.56
22	265.41	-8.00	247.00	73.90	1.80	214.18
23	266.72	-7.00	267.00	70.40	0.60	189.32

24	267.27	-6.50	268.50	70.15	0.50	210.67
25	267.81	-6.00	270.00	69.90	0.40	196.63
26	268.69	-6.00	285.00	66.20	-0.80	213.55
27	269.40	-5.00	301.00	0.10	-0.80	167.70
28	269.67	-4.50	311.00	0.45	-0.20	186.50
29	269.93	-4.00	321.00	0.80	0.40	182.92
30	270.30	-4.00	325.00	5.30	0.60	203.75

Постройте линейную и экспоненциальную многофакторные модели данных. Определите прогнозные значения зависимой величины  $Y$  на пять периодов вперед. Определите какая модель дает более точный прогноз.

7. По территориям Центрального района известны данные за 2005 г.

- Рассчитайте параметры уравнения линейной регрессии.
- Рассчитайте прогнозное значение результата, если прогнозное значение фактора увеличится на 10% от его среднего уровня.

Район	Доля денежных доходов, направленных на прирост сбережений во вкладах, займах, сертификатах и на покупку валюты, в общей сумме среднедушевого денежного дохода, %, $y$	Среднемесячная начисленная заработная плата, тыс. руб., $x$
Брянская обл.	6,9	289
Владимирская обл.	8,7	334
Ивановская обл.	6,4	300
Калужская обл.	8,4	343
Костромская обл.	6,1	356
Орловская обл.	9,4	289
Рязанская обл.	11,0	341
Смоленская обл.	6,4	327
Тверская обл.	9,3	357
Тульская обл.	8,2	352
Ярославская обл.	8,6	381

8. Имеются данные о деятельности крупнейших компаний США.

- Постройте линейное уравнение множественной регрессии и поясните экономический смысл его параметров.
- Дайте оценку полученного уравнения на основе коэффициента

детерминации.

- Рассчитайте прогнозное значение результата, если прогнозное значение каждого из факторов увеличится на 10% от его среднего уровня.

№ п/п	Чистый доход, млрд долл. США, $Y$	Оборот капитала, млрд долл. США, $X_1$	Использованный капитал, млрд долл. США, $X_2$	Численность служащих, тыс. чел., $X_3$	Рыночная капитализация компании, млрд долл. США, $X_4$
1	0,9	313	18,9	43,0	40,9
2	1,7	13,4	13,7	64,7	40,5
3	0,7	4,5	18,5	24,0	38,9 <sup>^</sup>
4,	1,7	10,0	4,8	50,2	38,5
5	2,6	20,0	21,8	106,0	37,3
6	1,3	15,0	5,8	96,6	26,5
7	4,1	137,1	99,0/	347,0	37,0
8	1,6	17,9	20,1	85,6	36,8
9	6,9	165,4	60JL	745,0	36,3
10	0,4	2,0	1,4	4,1	35,3
11	1,3	6,8	8,0	26,8	35,3
12	1,9	27,1	18,9	42,7	35,0
13	1,9	13,4	13,2	61,8	26,2
14	1,4	9,8	12,6	212,0	33,1
15	0,4	19,5	12,2	105,0	32,7
16	0,8	6,8	3,2	33,5	32,1
17	1,8	27,0	13,0	142,0	30,5
18	0,9	12,4	6,9	96,0	29,8
19	1,1	17,7	15,0	140,0	25,4
20	1,9	12,7	11,9	59,3	29,3
21	-0,9	21,4	1,6	131,0	29,2
22	1,3	13,5	8,6	70,7	29,2
23	2,0	13,4	11,5	65,4	29,1
24	0,6	4,2	1,9	23,1	27,9
25	0,7	15,5	5,8	80,8	27,2-

## Литература

1. Лапыгин, Ю.Н., Крылов, В.Е., Чернявский, А.П. Экономическое прогнозирование: учебное пособие – М.: Эксмо, 2009. – 256 с.
2. Рабочая книга по прогнозированию. Отв.ред. И.В. Бестужев-Лада. – М.: Мысль, 1982.
3. Янч, Э. Прогнозирование научно-технического прогресса. – М.: Прогресс, 1974.
4. Минько, А.А. Прогнозирование в бизнесе с помощью Excel – М.: Эксмо, 2007. – 208 с.
5. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высшая школа, 2001.-479 с.
6. Сигел, Э. Практическая бизнес-статистика.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. – 1056 с.
7. Тихомиров, Н.П., Попов, В.А. Методы социально-экономического прогнозирования. – М.: Изд-во ВЗПИ, А/О «Росвузнаука», 1992.

Информационные технологии в экономике  
Анализ и прогнозирование временных рядов с помощью Excel  
Учебное пособие

Редактор  
Н.В. Викулова

Подписано в печать \_\_\_\_\_ Формат 60x90 1/16. Бумага газетная. Печать трафаретная.

Уч.изд.л. \_\_\_\_\_ Усл.печ.л. \_\_\_\_\_ Тираж 100 экз. Заказ № \_\_\_\_\_

Государственное образовательное учреждение «Нижегородский государственный  
архитектурно-строительный университет»

603950, Н.Новгород, Ильинская, 65.

Полиграфцентр ННГАСУ, 603950, Н.Новгород, Ильинская, 65.