

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра математических методов и моделей в экономике

**Л.М. ТУКТАМЫШЕВА, Е.Н. СЕДОВА,
О.И. БАНТИКОВА**

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОГО СГЛАЖИВАНИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОМУ ПРАКТИКУМУ И
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
государственного образовательного учреждения высшего профессионального
образования «Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2008

УДК 33:519.8 (07)
ББК 65.050.03 я7
Т81

Рецензент

кандидат экономических наук, доцент М.А.Жук

Туктамышева Л.М.

Т81 Моделирование и прогнозирование на основе методов экспоненциального сглаживания [Текст]: методические указания к лабораторному практикуму и самостоятельной работе студентов/ Л.М. Туктамышева, Е.Н. Седова, О.И. Бантикова. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2008. – 53 с.

Методические указания содержат описание работы по моделированию и прогнозированию на основе методов экспоненциального сглаживания, варианты индивидуальных заданий для проведения лабораторной работы. Методические указания предназначены студентам специальности 080116, и других экономических специальностей, изучающих дисциплины «Методы социально-экономического прогнозирования», «Эконометрика», «Эконометрическое моделирование» и др.

ББК 65.050.03 я7

© Туктамышева Л.М., 2008
© Седова Е.Н., 2008
© Бантикова О.И., 2008
© ГОУ ОГУ, 2008

Содержание

Введение.....	5
1 Описание лабораторной работы №1 «Моделирование и прогнозирование на основе методов экспоненциального сглаживания».....	6
2 Постановка задачи.....	6
3 Порядок выполнения работы.....	6
3.1 Порядок выполнения работы в пакете EViews 3.1.....	6
3.2 Порядок выполнения работы в ППП Statistica.....	24
3.3 Порядок выполнения работы в пакете SPSS.....	33
4 Содержание письменного отчета.....	51
5 Вопросы к защите.....	51
Список использованных источников.....	52
Приложение А.....	53
Исходные данные для анализа.....	53

Введение

Прогнозирование на основе временных рядов не должно быть основано на равнозначном учете исходной информации. Для повышения достоверности прогнозов существенно, каким образом различная по времени отражения, исследуемых процессов, информация используется для построения модели. Как показывает практика, для точных и надежных прогнозных оценок наиболее ценной является информация последних уровней, менее ценной информация начальных уровней. Методы, позволяющие учитывать значимость уровней временного ряда для прогноза, относятся к адаптивным методам, среди которых выделим методы экспоненциального сглаживания. Суть их заключается в том, что уровни исходного временного ряда взвешиваются скользящей средней, с экспоненциальным характером изменения весов.

Практически во всех имеющихся эконометрических пакетах реализована возможность прогнозирования на основе методов экспоненциального сглаживания, отличие только в наборе используемых статистик для проверки адекватности моделей. В методических указаниях рассматриваются процедуры моделирования и прогнозирования на основе методов экспоненциального сглаживания в ППП EViews, Statistica, SPSS.

1 Описание лабораторной работы №1 «Моделирование и прогнозирование на основе методов экспоненциального сглаживания»

Цель работы заключается в выработке навыков моделирования и прогнозирования на основе методов экспоненциального сглаживания.

Лабораторная работа включает следующие этапы:

- постановку задачи;
- ознакомление с порядком выполнения работы в ППП Statistica 7.0, EViews 3.1, SPSS;
- выполнение индивидуальных заданий на компьютере и анализ результатов;
- подготовку письменного отчета с выводами по работе;
- защиту лабораторной работы.

2 Постановка задачи

По данным Приложения А:

- 1 провести анализ компонентного состава временного ряда;
- 2 определить тип модели (аддитивный, мультипликативный, смешанный);
- 3 выбрать значения параметров адаптации;
- 4 исследовать адекватность модели;
- 5 осуществить прогнозирование на 3 периода.

3 Порядок выполнения работы

3.1 Порядок выполнения работы в пакете EViews 3.1

Рассмотрим процедуру моделирования и прогнозирования на основе сезонных адаптивных моделей, используя поквартальную информацию о среднедушевых денежных доходах населения Оренбургской области (y_t) за период 1997-2005 гг.

Осуществим выравнивание уровней временного ряда на основе метода экспоненциального сглаживания, суть которых заключается в том, что уровни исходного временного ряда взвешиваются скользящей средней, с экспоненциальным характером изменения весов. Общая формула (рекуррентная формула) расчета экспоненциальной средней имеет вид:

$$S_t(y) = \alpha y_t + (1 - \alpha)S_{t-1}(y) = S_t = \alpha y_t + \beta S_{t-1}, \quad (3.1)$$

где S_t - значение экспоненциальной средней;

α - параметр сглаживания, α - постоянная величина, $0 < \alpha < 1$;

$\beta = 1 - \alpha$ - параметр затухания;

$t = 1, 2, \dots, T$;

S_0 - величина, характеризующая начальное условие.

Величина S_t - взвешенная сумма всех членов ряда. Причем веса отдельных уровней ряда убывают по мере их удаления в прошлое (в зависимости от возраста наблюдений). Экспоненциальная средняя играет роль «фильтра», поглощающего колебания временного ряда. С одной стороны, следует увеличивать вес более свежих наблюдений, что может быть достигнуто повышением α , с другой стороны, для сглаживания случайных отклонений величину α нужно уменьшить.

Модель экспоненциального сглаживания с аддитивным сезонным эффектом имеет вид:

$$y_t = f_t + g_t + \varepsilon_t, \quad (3.2)$$

где f_t — некоторый усредненный уровень временного ряда в момент t после устранения сезонного эффекта;

g_t - аддитивный показатель сезонности;

$t = 1, 2, \dots, T$.

Модель экспоненциального сглаживания с мультипликативным сезонным эффектом имеет вид:

$$y_t = f_t \cdot m_t + \varepsilon_t, \quad (3.3)$$

где m_t - мультипликативный показатель сезонности; $t = 1, 2, \dots, T$.

Множество комбинаций различных типов тенденций с циклическими эффектами аддитивного и мультипликативного характера можно представить в виде обобщенной формулы:

$$f_t = \alpha d_{1t} + (1 - \alpha) d_{2t}, \quad (3.4)$$

где α - параметр сглаживания, причем $0 < \alpha < 1$;

d_{1t}, d_{2t} - характеристики модели;

$d_{1t} = \begin{cases} y_t & \text{если сезонный эффект отсутствует} \\ y_t - g_{t-k} & \text{в случае аддитивного сезонного эффекта} \\ \frac{y_t}{m_{t-k}} & \text{в случае мультипликативного сезонного эффекта} \end{cases}$

g_{t-k} и m_{t-k} - аддитивный и мультипликативный показатели сезонности с периодом колебания k ;

$t = k, k + 1, \dots, T$;

g_0, m_0 - начальные условия, за которые в рассматриваемых ППП принимают сезонные коэффициенты, получаемые по одному из методов сезонной декомпозиции (Census-I в случае аддитивной сезонности, Census-II в случае мультипликативной сезонности).

Таким образом, d_1 представляет собой текущую оценку процесса y_t или очищенную от сезонных колебаний (при их наличии) с помощью коэффициентов сезонности g_{t-k} или m_{t-k} , рассчитанных для предшествующего цикла.

$$d_{2t} = \begin{cases} m_{t-1} f_{t-1} & \text{при отсутствии тенденции} \\ f_{t-1} + c_{t-1} & \text{в случае аддитивного роста} \\ f_{t-1} \cdot r_{t-1} & \text{в случае экспоненциального роста} \end{cases}$$

В этом выражении c_{t-1} - абсолютный прирост, характеризующий изменение среднего уровня процесса, или аддитивный коэффициент роста, r_{t-1} - коэффициент экспоненциального роста.

Адаптация всех перечисленных параметров осуществляется с помощью экспоненциального сглаживания:

$$g_t = \gamma (y_t - f_t) + (1 - \gamma) g_{t-k}, \quad (3.5)$$

$$m_t = \gamma \frac{y_t}{f_t} + (1 - \gamma) m_{t-k}, \quad (3.6)$$

$$c_t = \beta (f_t - f_{t-1}) + (1 - \beta) c_{t-1}, \quad (3.7)$$

$$r_t = \beta \cdot \frac{f_t}{f_{t-1}} + (1 - \beta) \cdot r_{t-1}, \quad (3.8)$$

где $0 < \alpha, \beta, \gamma < 1$; $t = k, k+1, \dots, T$.

Для начала работы в пакете EViews создаем рабочий файл с помощью пункта **File/New/Workfile – Файл/Новый/Рабочий файл** главного меню. В появившемся окне (рисунок 3.1) отмечаем, что исходные данные являются квартальными (**Quarterly**).

Поскольку конечной задачей является прогнозирование среднедушевых денежных доходов населения Оренбургской области на 2 года (то есть на 8 периодов времени вперед), то при открытии данных нужно задать конечную дату с учетом длины интервала прогнозирования (то есть в нашем случае интервал не 1997/1 2005/4, а 1997/1 2007/4)

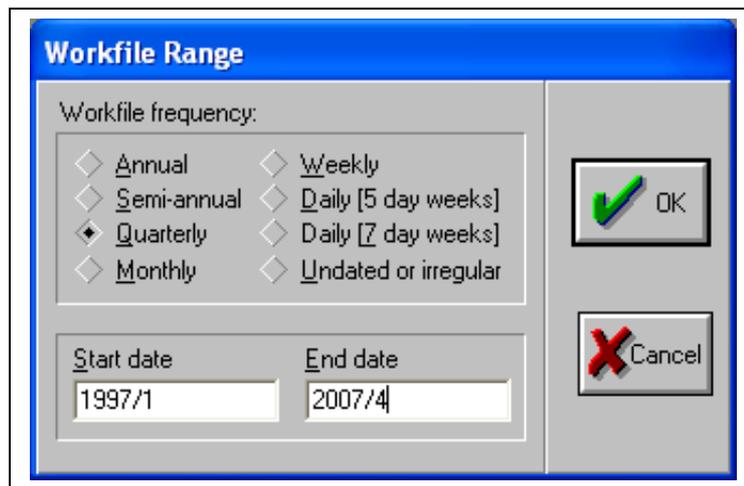


Рисунок 3.1 – Вид окна задания исследуемого временного интервала и типа данных

Далее импортируем данные из Excel – они сохранены в файле «y.xls» на листе с именем y_t в столбце A, причем первое значение временного ряда находится в ячейке A1. Для импорта данных используем пункт **File/Import/Read Text-Lotus-Excel – Файл/Импорт/Читать файл типа Text-Lotus-Excel** главного меню программы. На экране появится окно (рисунок 3.2).

В поле **Order of data - Порядок данных** выбираем опцию **By observation, series in columns - По наблюдениям, ряд в столбцах**. В поле **Upper-left data cell - Верхняя-левая ячейка** указываем самую верхнюю и левую ячейку, с которой начнется считывание данных. В поле **Excel 5+ sheet name - Имя листа для версий Excel 5 и выше** указываем имя листа, на котором находятся данные для импорта (желательно, чтобы оно было написано латиницей). В поле **Names for series or Number of series if names in file - Имя для рядов или количество рядов, если их имена содержатся в файле** указываем имя будущей переменной, поскольку в файле его нет.

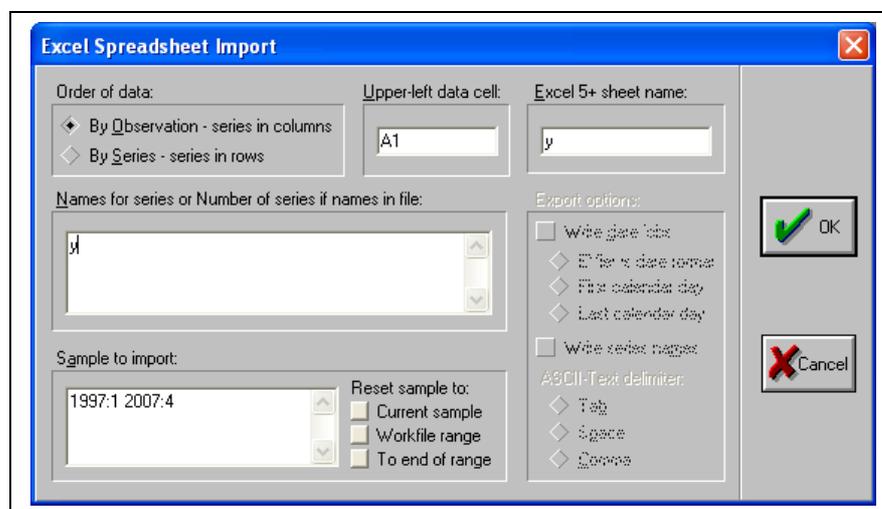
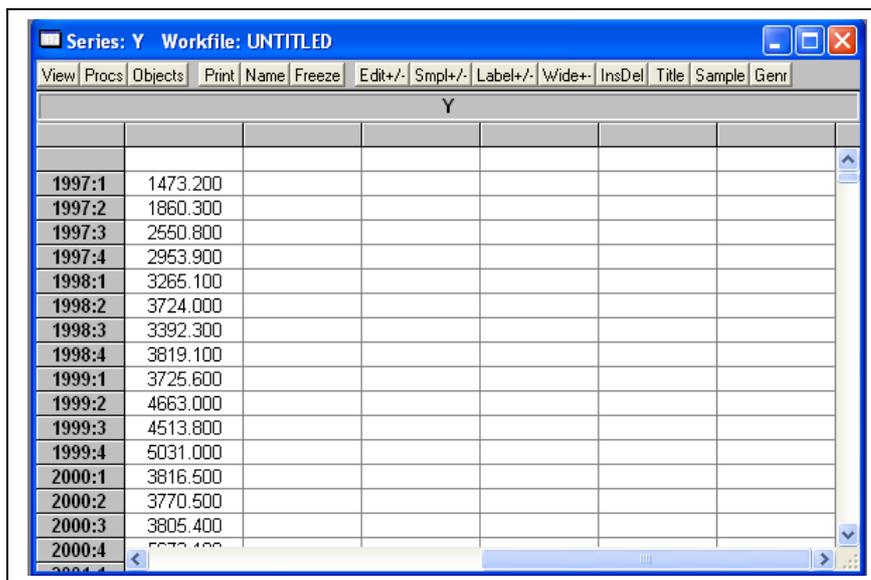


Рисунок 3.2 – Вид окна настроек импортирования данных из Excel

После нажатия **ОК** в списке переменных в рабочем файле появится переменная y_t . Окно с частью данных для анализа представлено на рисунке 3.3.



The screenshot shows a window titled 'Series: Y Workfile: UNTITLED'. The window contains a table with the following data:

Y	
1997:1	1473.200
1997:2	1860.300
1997:3	2550.800
1997:4	2953.900
1998:1	3265.100
1998:2	3724.000
1998:3	3392.300
1998:4	3819.100
1999:1	3725.600
1999:2	4663.000
1999:3	4513.800
1999:4	5031.000
2000:1	3816.500
2000:2	3770.500
2000:3	3805.400
2000:4	3873.100

Рисунок 3.3 – Вид рабочего окна EViews с частью исходных данных

При необходимости изменения имени ряда можно воспользоваться кнопкой **Name/Имя** (не более 16 символов). Если нужно использовать не весь временной ряд, а только его часть, например, начиная с 1 квартала 2001 года, то это можно указать в специальном окне после нажатия кнопки **Sample-Выборка**.

Кнопка меню **Edit+/- - Правка+/-** включает/выключает возможность непосредственного редактирования данных в рабочем окне. Ввод новых данных в ячейку заканчивается нажатием **Enter**. Кнопка меню **Label+/- - Метка+/-** выводит на экран (либо убирает с экрана) информацию о времени создания ряда, времени его изменения и т.д.

Первым этапом при определении компонентного состава временного ряда является построение графика исходного временного ряда. Для этого выберем пунктом **Line Graph -Линейный график** из меню **View - Вид окна** с данными временного ряда. По оси абсцисс будет отложено время (или номер наблюдения), по оси ординат – значения временного ряда (рисунок 3.4).

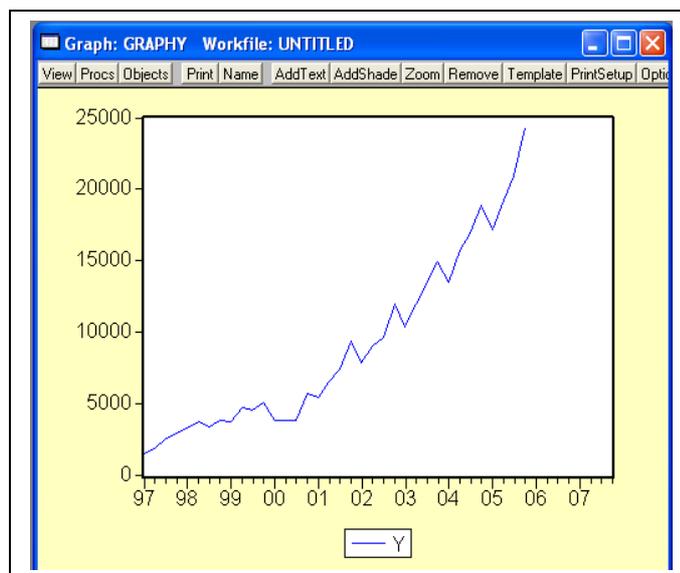


Рисунок 3.4 - Динамика среднемесячных доходов по кварталам

Для сохранения построенного графика как отдельного объекта EViews нужно нажать кнопку **Freeze - Фиксировать** – появится отдельное окно графика исследуемого ряда. После изменения имени данного объекта при помощи кнопки **Name - Имя** график сохраняется в окне рабочего файла EViews (рисунок 3.5).

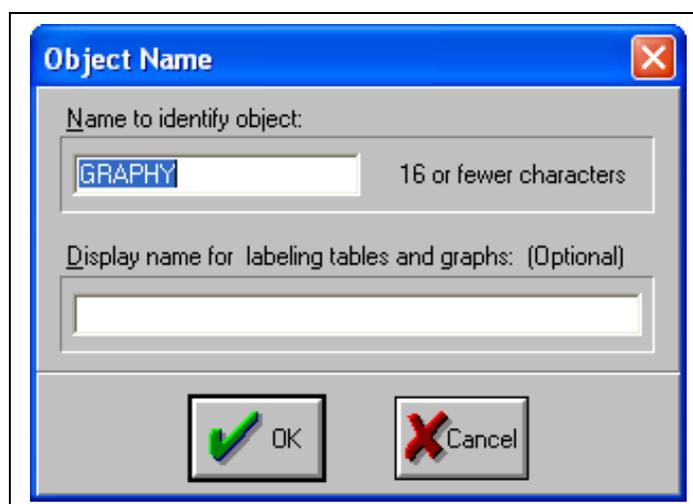


Рисунок 3.5 – Вид окна задания имени нового объекта

Характер поведения временного ряда (см. рисунок 3.4) позволяет сделать вывод о наличии возрастающего тренда и сезонных колебаний. Будем строить прогноз на основе сезонных адаптивных моделей.

Для вызова окна выбора модели экспоненциального сглаживания и задания параметров (рисунок 3.6) используем пункт **Procs/Exponential Smoothing – Действия/Экспоненциальное сглаживание** главного меню программы или меню окна исследуемого временного ряда.

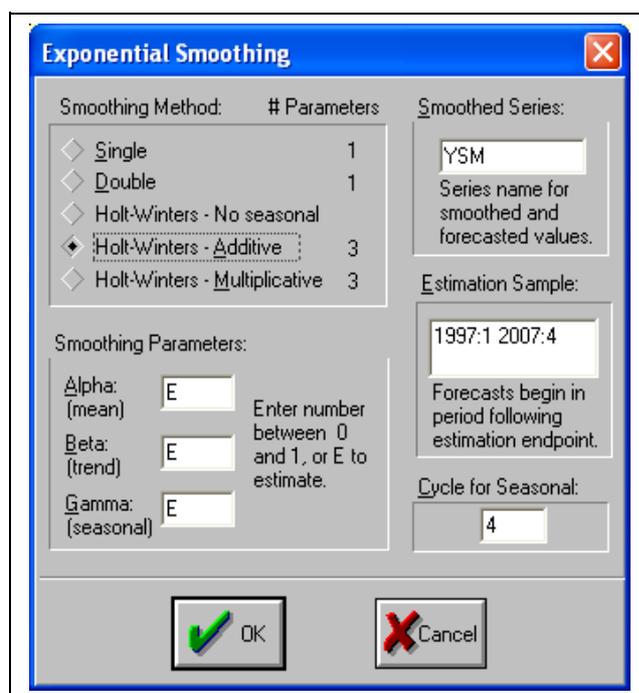


Рисунок 3.6 – Выбор модели и задания параметров экспоненциального сглаживания

В поле **Smoothing Method – Метод сглаживания** в зависимости от компонентного состава анализируемого ряда и характера сезонной компоненты выбирается одна из 5 доступных моделей экспоненциального сглаживания, справа для каждой из которых указано количество параметров (**# Parameters**):

- **Single (Обычное)** – обычное экспоненциальное сглаживание; используется для рядов без тренда и без сезонности (используется только параметр Alpha); в качестве начального значения берется среднее всех уровней ряда;
- **Double (Двойное)** – двойное применение обычного экспоненциального сглаживания; используется для рядов с линейным трендом и без сезонности (используется только параметр alpha);
- **Holt-Winters – No seasonal (модель Хольта-Уинтерса без сезонности)** – используется для рядов с линейным трендом и без сезонности (используются два параметра alpha и beta);
- **Holt-Winters – Additive (модель Хольта-Уинтерса с аддитивной сезонностью)** – используется для рядов с линейным трендом и аддитивной сезонностью (используются все три параметра alpha, beta и gamma).
- **Holt-Winters – Multiplicative (модель Хольта-Уинтерса с мультипликативной сезонностью)** – используется для рядов с линейным трендом и мультипликативной сезонностью (используются все три параметра alpha, beta и gamma).

Важно помнить, что модель Хольта-Уинтерса без сезонности отличается от модели Хольта-Уинтерса с аддитивной или мультипликативной сезонностью при значении сглаживающего сезонного параметра $\gamma = 0$. Значение $\gamma = 0$ означает только то, что сезонные факторы не изменяются со временем (адаптации сезонности не происходит).

В нашем случае ряд имеет тренд и сезонность, поэтому модели без учета сезонности типа Single, Double, Holt-Winters – No seasonal не подходят. На графике ряда не наблюдается увеличения размаха сезонности со временем, поэтому остановимся на модели с аддитивной сезонностью (Holt-Winters – Additive).

В полях **Smoothing Parameters – Параметры сглаживания** можно задать значения параметров сглаживания или ввести e (от слова «estimate» - оценивать) для автоматического определения программой из критерия минимума остаточной суммы квадратов модели:

- **Alpha (mean)/ α** – параметр сглаживания (или, иначе, параметр сглаживания среднего);
- **Beta (trend)/ β** - параметр сглаживания тренда;
- **Gamma (seasonal)/ γ** – параметр сезонного сглаживания.

Отметим, что следует быть внимательным с обозначениями сглаживающих параметров для различных компонент временного ряда в разных статистических пакетах. Так, в пакетах Statistica и SPSS через γ обозначен параметр сглаживания тренда (а не сезонности как в EViews), а параметр сезонного сглаживания обозначается через δ .

В поле **Smoothed Series - Сглаженный ряд** задается имя переменной, в которую будут сохранены сглаженные значения. По умолчанию имя данной переменной формируется добавлением букв «sm» к имени исходной переменной.

Период сезонности задается в поле **Cycle for Seasonal**. При этом для квартальных данных по умолчанию в данном поле будет стоять 4, для месячных данных – 12 и т.д. В нашем случае имеем годовой цикл сезонности, но поскольку данные поквартальные, то период будет равен 4 кварталам.

После нажатия **ОК** запускается процедура оценивания, результаты которой представляются в следующем виде (рисунок 3.7):

Series: Y Workfile: UNTITLED		
View	Procs	Objects
Print	Name	Freeze
Sample	Genr	Sheet
Stats		
Date:	07/13/07	Time: 12:43
Sample:	1997:1	2005:4
Included observations:	36	
Method:	Holt-Winters Additive Seasonal	
Original Series:	Y	
Forecast Series:	YSM	
<hr/>		
Parameters:	Alpha	0.8600
	Beta	0.1800
	Gamma	0.0000
Sum of Squared Residuals	21608302	
Root Mean Squared Error	774.7455	
<hr/>		
End of Period Levels:	Mean	23176.44
	Trend	1214.672
	Seasonals:	2005:1 -715.5786
		2005:2 -188.5447
		2005:3 -60.83307
		2005:4 964.9563
<hr/>		

Рисунок 3.7 – Результаты оценивания параметров модели экспоненциального сглаживания

Сумма квадратов остатков (**Sum of Squared Residuals**) составила 21 608302, среднеквадратическая ошибка (**Root Mean Squared Error**) составила 774,75. Параметр сглаживания **alpha** = 0,86, параметр сглаживания тренда **beta** = 0,18, параметр сезонного сглаживания **gamma** = 0. Сезонные эффекты (**Seasonals**) составили $S_1 = -715,58$ (1 квартал), $S_2 = -188,54$ (2 квартал), $S_3 = -60,83$ (3 квартал), $S_4 = 964,96$ (4 квартал).

Таким образом, оценка модели экспоненциального сглаживания с аддитивным ростом и аддитивным сезонным эффектом имеет вид:

$$\hat{y}_t = \hat{f}_t + \hat{g}_t$$

$$\hat{f}_t = 0,86(y_t - \hat{g}_{t-4}) + 0,14(\hat{f}_{t-1} + \hat{c}_{t-1}), \quad \text{где } t = 4, \dots, T$$

$$\hat{g}_t = \hat{g}_{t-4}$$

$$\hat{c}_t = 0,18(\hat{f}_t - \hat{f}_{t-1}) + 0,72\hat{c}_{t-1}$$

В рабочем файле появилась новая переменная с заданным именем *ysm*, содержащая сглаженные (за период с 1 квартала 1997 г по 4 квартал 2005 г) и прогнозные (за период с 1 квартала 2006 г по 4 квартал 2007 г) значения y_t (рисунок 3.8):

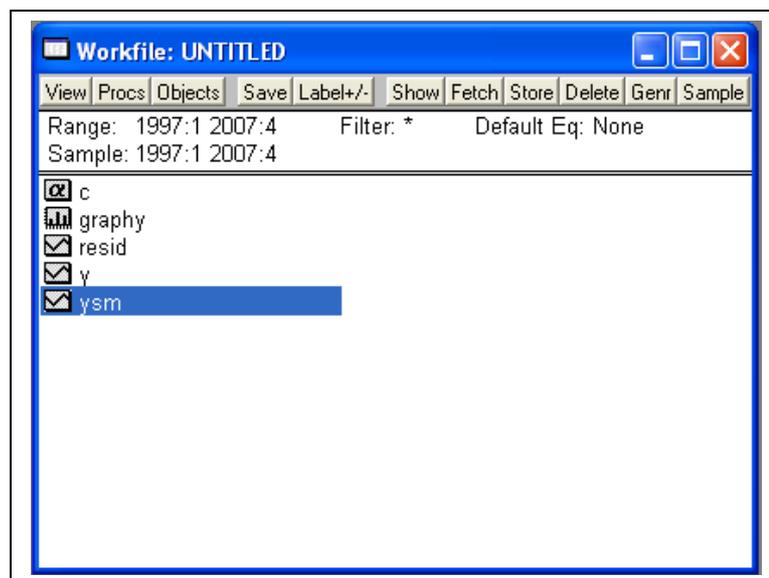


Рисунок 3.8 – Вид рабочего файла EViews после проведения процедуры экспоненциального сглаживания

Но прежде чем использовать полученный прогноз, мы должны исследовать адекватность модели – проверить, являются ли остатки модели белым шумом.

Для этого сначала сформируем ряд оценок остатков модели, воспользовавшись пунктом **Quick/Show – Быстрые действия/Показать** главного меню программы. В появившемся окне введем формулу для расчета остатков модели (разница между наблюдаемыми значениями, содержащимися в переменной y_t , и сглаженными значениями, содержащимися в переменной ysm), так же будет названа и новая переменная, содержащая значения остатков модели (рисунок 3.9).

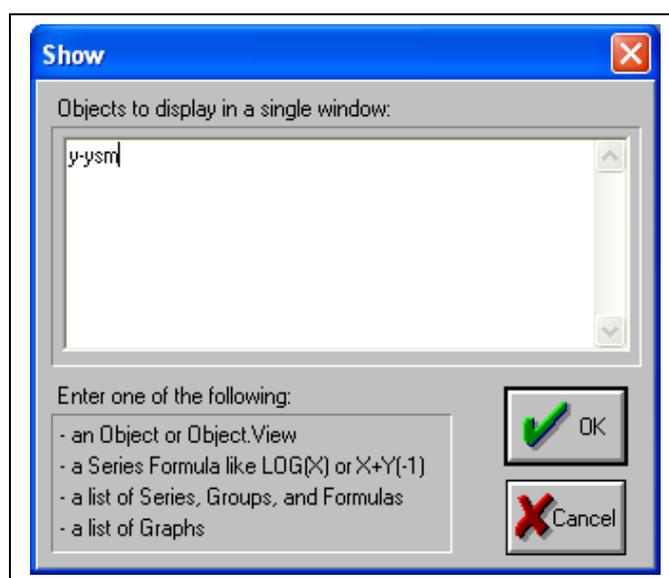
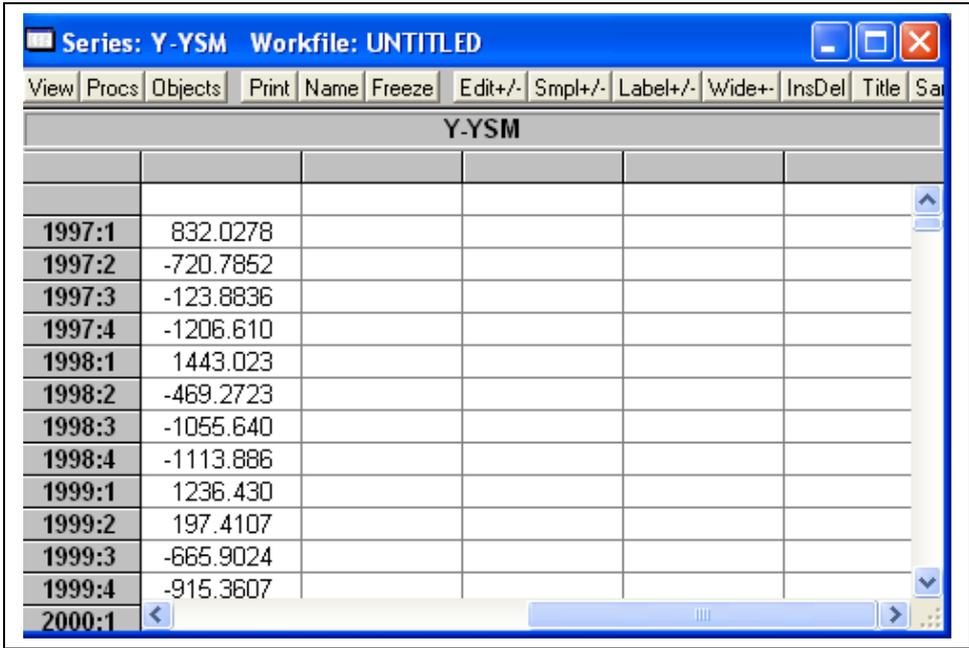


Рисунок 3.9 – Вид окна для расчета остатков модели экспоненциального сглаживания

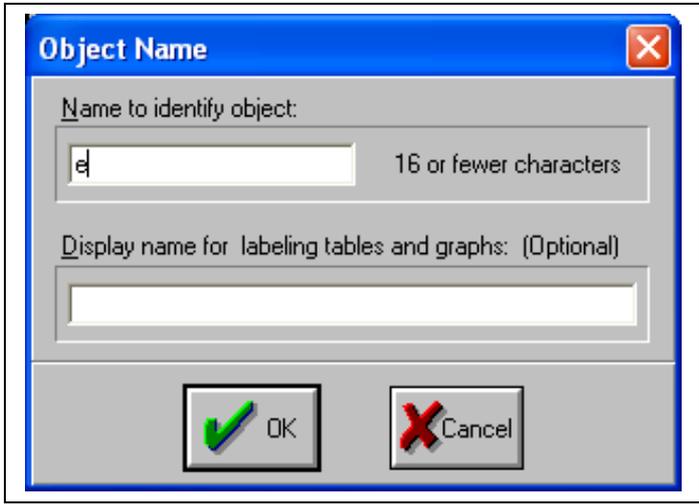
После нажатия **ОК** появится окно с переменной, содержащей значения остатков модели (рисунок 3.10)



Y-YSM	
1997:1	832.0278
1997:2	-720.7852
1997:3	-123.8836
1997:4	-1206.610
1998:1	1443.023
1998:2	-469.2723
1998:3	-1055.640
1998:4	-1113.886
1999:1	1236.430
1999:2	197.4107
1999:3	-665.9024
1999:4	-915.3607
2000:1	

Рисунок 3.10 – Вид окна EViews с частью значений остатков модели экспоненциального сглаживания

Переименуем данную переменную, нажав кнопку **Name-Имя** и введя в появившемся окне желаемое имя (рисунок 3.11):



The dialog box titled "Object Name" contains the following elements:

- A label "Name to identify object:" above a text input field containing the character "e". To the right of the field is the text "16 or fewer characters".
- A label "Display name for labeling tables and graphs: (Optional)" above an empty text input field.
- At the bottom, there are two buttons: "OK" with a green checkmark icon and "Cancel" with a red X icon.

Рисунок 3.11 – Вид окна переименования переменной, содержащей остатки остатков модели экспоненциального сглаживания

После нажатия **ОК** программа выведет сообщение с запросом на создание и сохранение новой переменной с заданным именем, значения которой рассчитываются по указанной ранее формуле (рисунок 3.12):

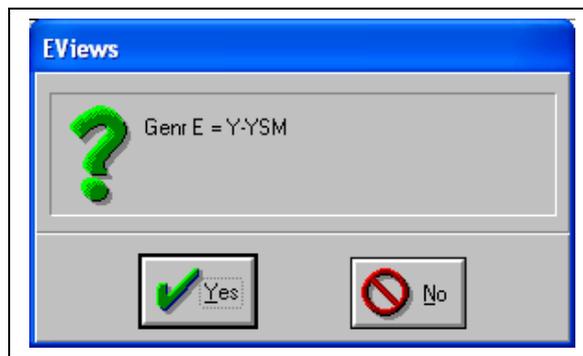


Рисунок 3.12 – Вид окна с запросом на создание и сохранение переменной

После нажатия кнопки **Yes** в рабочем файле появится новая переменная с указанным именем.

Переходим к проверке нормальности распределения остатков модели.

Сделаем двойной щелчок на ее имени и в появившемся окне выберем пункт меню **View/ Descriptive Statistics/Histogram and Stats** – **Вид/Описательные статистики/Гистограмма и статистики** (рисунок 3.13).

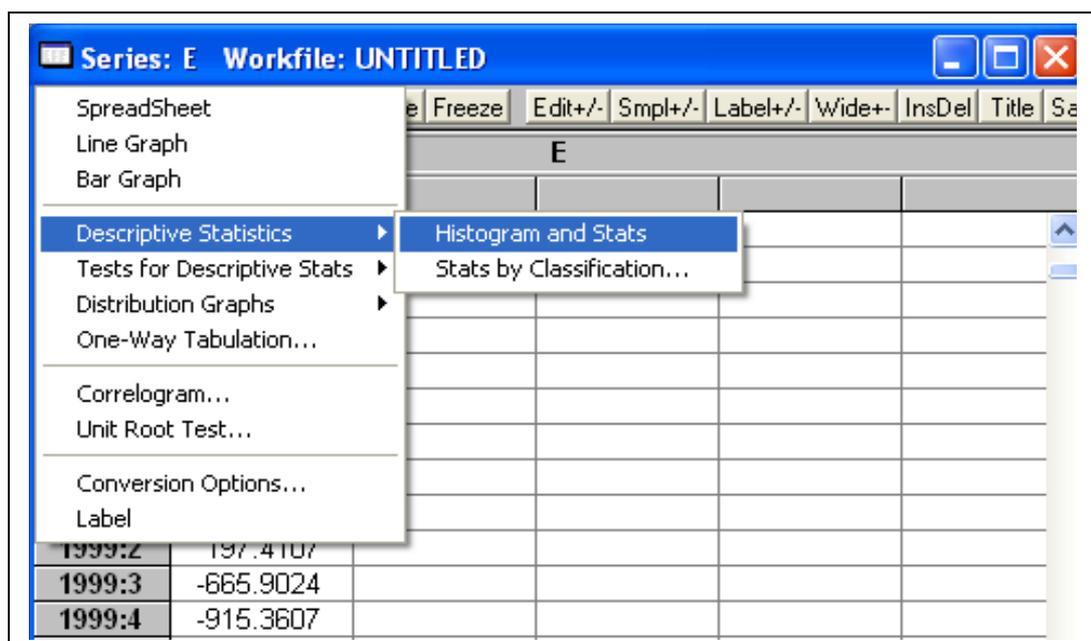


Рисунок 3.13 – Выбор пунктов меню для построения гистограммы и проверки нормальности остатков

На экране появится окно, содержащее гистограмму распределения остатков модели, оценки основных характеристик этой случайной величины, включая оценку коэффициента асимметрии (Skewness) и эксцесса (Kurtosis), а также рассчитанное значение статистики Харке-Бера и значимость нулевой гипотезы о нормальном характере распределения остатков (рисунок 3.14).

Статистика Харке-Бера проверяет значимость различий асимметрии и эксцесса исследуемой и нормально распределенной случайной величины (формула (3.9)):

$$Jarque - Bera = \frac{T - k}{6} \frac{J}{S^2} + \frac{(K - 3)^2}{4} \frac{U}{S^3}, \quad (3.9)$$

где S – оценка коэффициента асимметрии;

K – оценка коэффициента эксцесса;

T – длина временного ряда;

k – количество оцениваемых параметров в модели.

Напомним, что для нормально распределенной случайной величины, асимметрия $S = 0$ и эксцесс $K = 3$.

Статистика (3.9) в условиях справедливости нулевой гипотезы о нормальном характере распределения остатков распределена по закону χ^2 с 2 степенями свободы.

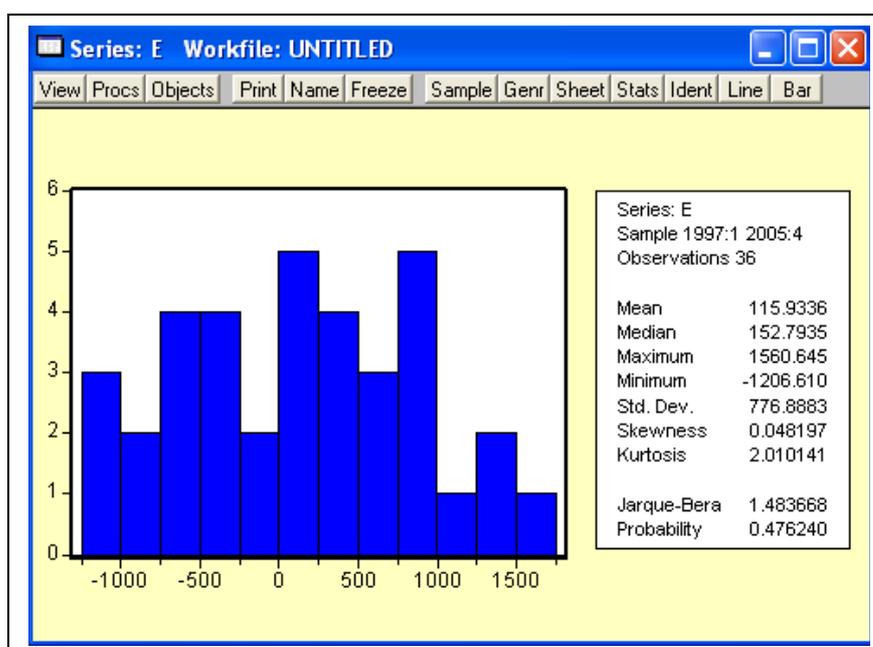


Рисунок 3.14 – Гистограмма распределения остатков модели

На уровне значимости 0,05 можно принять нулевую гипотезу о том, что распределение остатков модели не отличаются от нормального, так как значимость нулевой гипотезы ($p=0,476$) больше, чем заданный уровень значимости 0,05.

В пакете EViews также есть возможность построения для остатков модели графика Квантиль-Квантиль, позволяющего сравнивать распределения двух случайных величин (например, распределение исследуемой случайной величины и нормального распределения). Если исследуемая случайная величина распределена нормально, то все значения

на графике должны попасть на одну линию (линию подгонки). Таким образом, чем меньше точки на графике отклоняются от одной прямой, тем меньше распределение случайной величины отличается от нормального.

Для построения такого графика выберем пункт меню **View/Distribution Graphs/Quantile-Quantile** – **Вид/Графики распределений/Квантиль-Квантиль**, а затем в окне QQ Plot выбрать в качестве квантилей теоретического распределения квантили нормального распределения (**Normal distribution**) (рисунок 3.15)

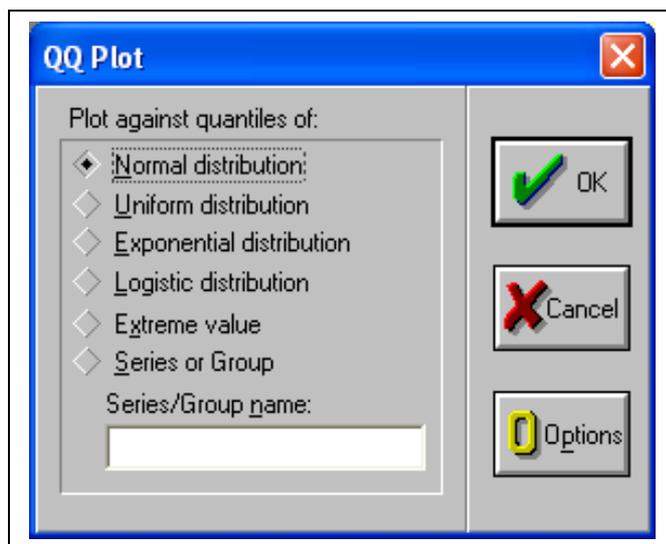


Рисунок 3.15 – Выбор распределения для построения графика квантиль-квантиль

После нажатия **ОК**, на экране появится график вида (рисунок 3.16):

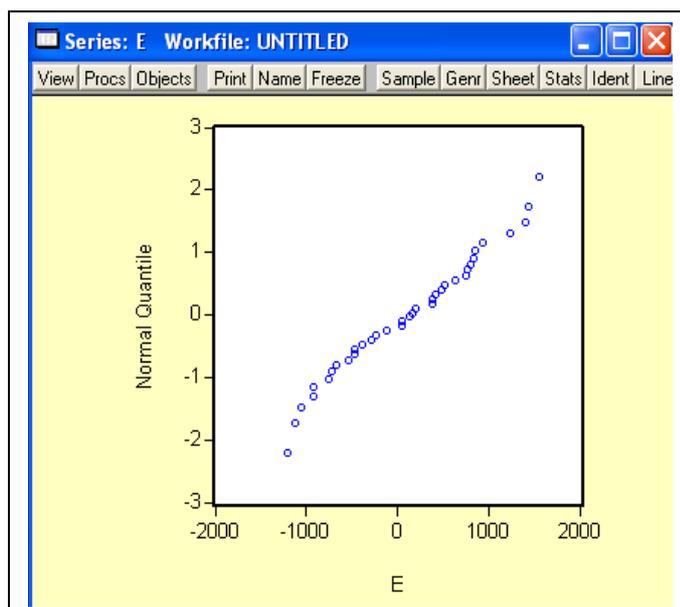


Рисунок 3.16 – График квантиль-квантиль остатков модели экспоненциального сглаживания

Как видно из рисунка 3.16, все точки графика располагаются практически на одной прямой, что говорит о близости распределения остатков модели к нормальному.

Приступим к исследованию некоррелированности остатков модели. Для этого найдем оценку автокорреляционной и частной автокорреляционной функций остатков, воспользовавшись пунктом меню **View/Correlogram** – **Вид/Коррелограмма**. В поле **Correlogram of...** появившегося окне можно задать построение коррелограммы как для исходных уровней ряда (опция **Level**), так и для ряда первых (**1st difference**) или вторых (**2nd difference**) разностей. Число лагов, для которых будут рассчитаны коэффициенты автокорреляции, задается в поле **Lags to include** (рисунок 3.17).

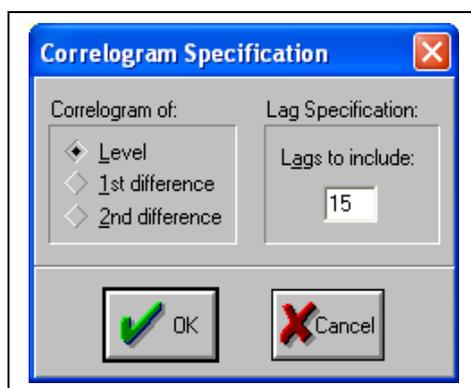


Рисунок 3.17 – Вид окна задания параметров построения коррелограммы

После нажатия ОК, появляется следующий график (рисунок 3.18):

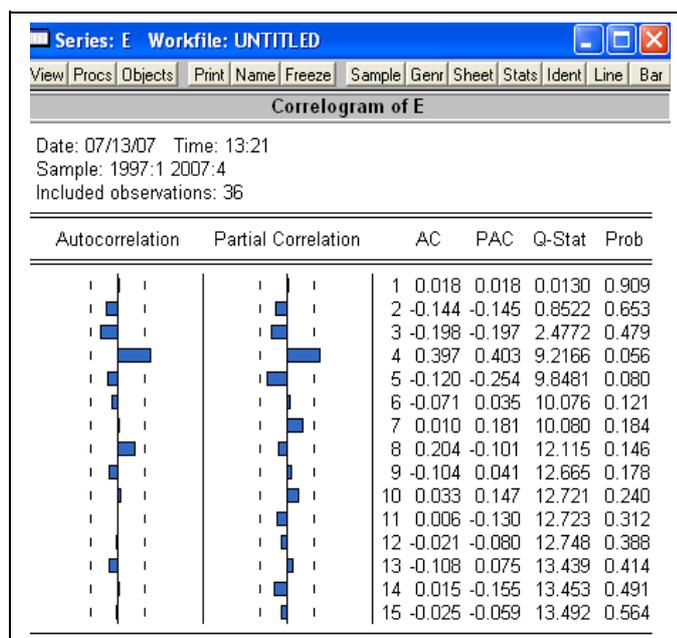


Рисунок 3.18 - Выборочная автокорреляционная и частная автокорреляционная функции

В столбцах Autocorrelation и Partial Correlation представлены графики выборочных автокорреляционной и частной автокорреляционной функций с соответствующими доверительными интервалами (пунктирные линии), которые равны двум стандартным отклонениям и вычисляются как $\pm 2/\sqrt{T}$ (в пакете EViews АКФ и ЧАКФ строятся одновременно по умолчанию). Если какое значение выборочной автокорреляционной (либо частной автокорреляционной) функции находится внутри данного интервала, то можно говорить о том, что коэффициент автокорреляции k -ого порядка приблизительно на уровне значимости $\alpha = 0,05$ незначимо отличается от нуля.

В столбцах AC и PAC приведены численные значения выборочных автокорреляционной (АКФ) и частной автокорреляционной функций (ЧАКФ) соответствующего порядка, информация о котором приведена в третьем столбце таблицы.

В столбцах Q-stat и Prob приведены значения Q-статистики Льюнга-Бокса (формула 3.10) и уровень значимости p для нее.

Выдвигается нулевая гипотеза $H_0: \sum_{j=1}^k r_j^2 = 0$ (нет автокорреляции порядка меньшего или равного k).

Альтернативная гипотеза имеет вид $H_1: \sum_{j=1}^k r_j^2 > 0$ (есть автокорреляция порядка меньшего или равного k).

Для проверки нулевой гипотезы используется статистика Льюнга-Бокса порядка k (формула (3.10)):

$$Q_{LB}(k) = T \ln(T+2) \sum_{j=1}^k \frac{r_j^2}{T-j}, \quad (3.10)$$

где T – длина временного ряда;

r_j – оценка коэффициента автокорреляции j -ого порядка.

Если тест Льюнга-Бокса применяется непосредственно к временному ряду, то статистика (3.10) асимптотически распределена по закону χ^2 с k степенями свободы, а если k остаткам моделей типа АРПСС(p, d, q), то асимптотически по закону χ^2 с $(k - p - q)$ степенями свободы.

Анализ рисунка 3.18 позволяет сделать вывод об отсутствии значимых выбросов АКФ и ЧАКФ и на уровне значимости 0,05 принять нулевую гипотезу о том, что остатки модели некоррелированы.

Можем использовать полученную модель для прогнозирования.

Для построения на одном графике наблюдаемых и сглаженных значений воспользуемся пунктом меню **Quick/Show – Быстрые действия/Показать** главного меню программы. В появившемся окне через пробел введем имена переменных, которые мы хотим анализировать совместно (рисунок 3.19):

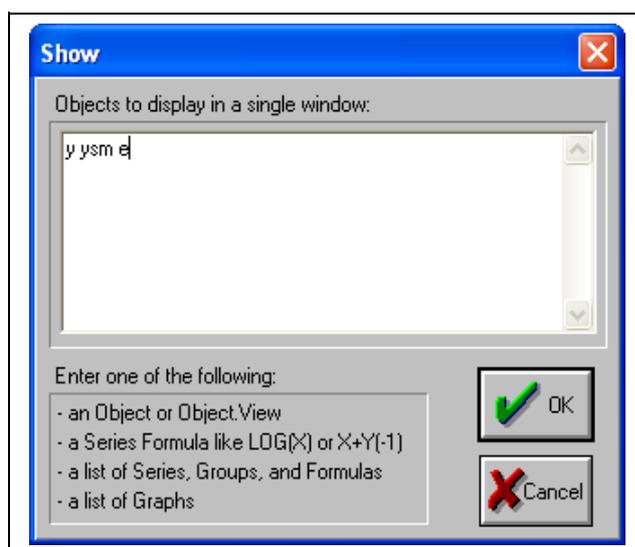


Рисунок 3.19 – Вид окна ввода названия переменных, которые должны быть отображены

После нажатия **ОК** появится новая группа из трех указанных переменных (рисунок 3.20):

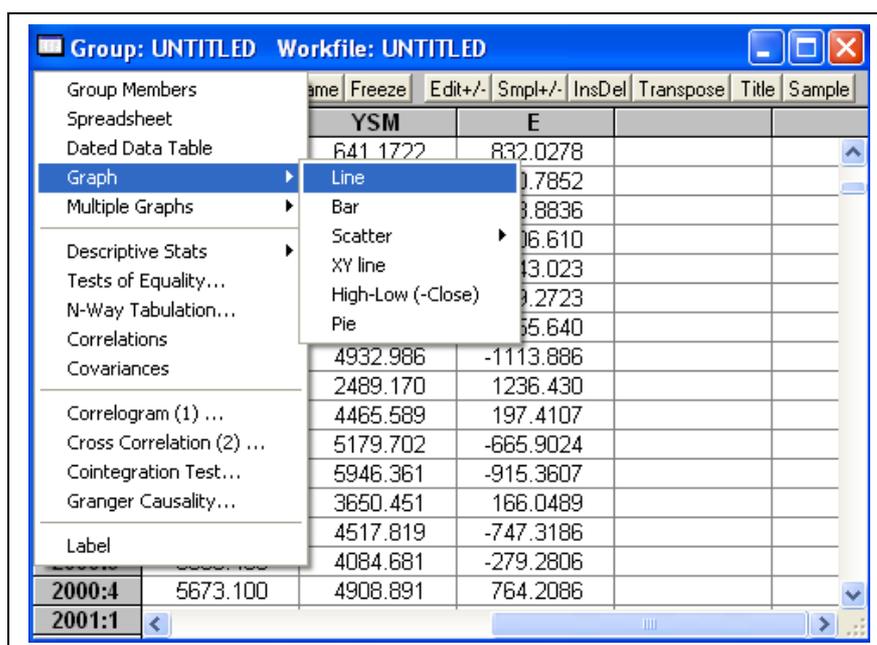


Рисунок 3.20 – Вид окна значений группы переменных

При необходимости, используя кнопку **Name – Имя**, данной группе можно дать отдельное имя и сохранить ее в рабочем файле.

Для построения графика всех переменных группы выберем пункт меню **View/Graph/Line – Вид/График/Линейный**. График наблюдаемых, сглаженных (в том числе прогнозных) значений среднедушевых доходов населения Оренбургской области вместе с остатками модели экспоненциального сглаживания изображен на рисунке 3.21.

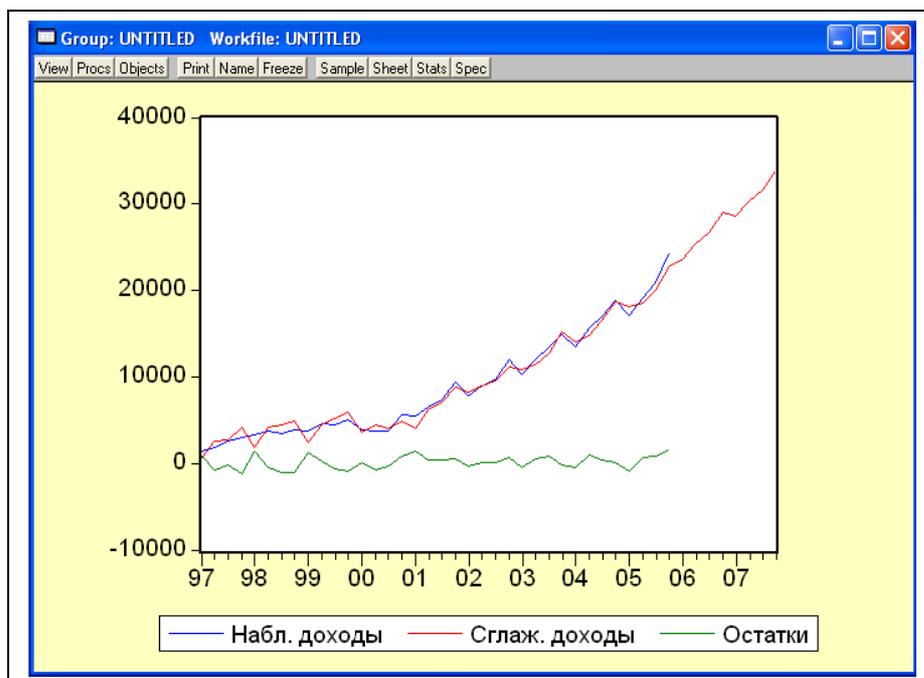


Рисунок 3.21 - График наблюдаемых, сглаженных (в том числе прогнозных) значений среднедушевых доходов населения Оренбургской области и остатков модели экспоненциального сглаживания

Прогнозные значения среднедушевых доходов на период с 1 квартала 2006 по 4 квартал 2007 гг. содержатся в переменной ysm (рисунок 3.22):

obs	Y	YSM	E
2004:1	13511.40	14045.07	-533.6702
2004:2	15706.40	14764.74	941.6602
2004:3	16911.80	16499.64	412.1600
2004:4	18880.60	18741.06	139.5381
2005:1	17146.30	18063.31	-917.0100
2005:2	19183.50	18542.54	640.9612
2005:3	20920.70	20061.52	859.1843
2005:4	24359.90	22799.95	1560.645
2006:1	NA	23675.53	NA
2006:2	NA	25417.24	NA
2006:3	NA	26759.62	NA
2006:4	NA	29000.08	NA
2007:1	NA	28534.22	NA
2007:2	NA	30275.92	NA
2007:3	NA	31618.31	NA
2007:4	NA	33858.77	NA

Рисунок 3.22 – Результаты прогнозирования среднедушевых доходов населения Оренбургской области методом экспоненциального сглаживания

Таким образом, в результате экспоненциального сглаживания получили следующую модель среднедушевых доходов населения Оренбургской области:

$$\hat{y}_t = \hat{f}_t + \hat{g}_t$$

$$\hat{f}_t = 0,864(y_t - \hat{g}_{t-4}) + 0,144(\hat{f}_{t-1} + \hat{c}_{t-1}), \quad \text{где } t = 4, \dots, T$$

$$\hat{g}_t = \hat{g}_{t-4}$$

$$\hat{c}_t = 0,184(\hat{f}_t - \hat{f}_{t-1}) + 0,72\hat{c}_{t-1}$$

Согласно прогнозу в четвертом квартале 2007 г. среднедушевые денежные доходы населения Оренбургской области составят 33858,77 руб.

3.2 Порядок выполнения работы в ППП Statistica

Рассмотрим процедуру прогнозирования на основе сезонных адаптивных моделей, используя квартальную информацию о среднедушевых денежных доходах населения Оренбургской области (y_t) за период 1997-2005 гг.

Окно с частью данных для анализа представлено на рисунке 3.23.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	y	Var2	Var3	Var4	Var5	Var6	Var7	Var8	Var9	Var10	Var11	Var12	Var13	Var14	Var15	Var16
1	1473,2															
2	1860,3															
3	2550,8															
4	2963,9															
5	3265,1															
6	3724															
7	3392,3															
8	3819,1															
9	3725,6															
10	4663															
11	4513,8															
12	5031															
13	3816,5															
14	3770,5															
15	3805,4															
16	5673,1															
17	5442,2															
18	6539,8															
19	7425,7															
20	9403,6															
21	7837,2															
22	8981,2															
23	9667															
24	11960,7															
25	10348,6															
26	11997,5															
27	13504,9															
28	14959,4															
29	13511,4															
30	15706,4															
31	16911,8															
32	18980,6															

Рисунок 3.23 – Исходные данные

Первым этапом при определении компонентного состава временного ряда является построение графика исходного временного ряда. Для построения графика в меню системы открыть **Statistics – Критерии, Дополнительные линейные/нелинейные модели** и выбрать в появившемся меню (рисунок 3.24) строку **Time Series Analysis/ Forecasting - Анализ временных рядов и прогнозирование**.

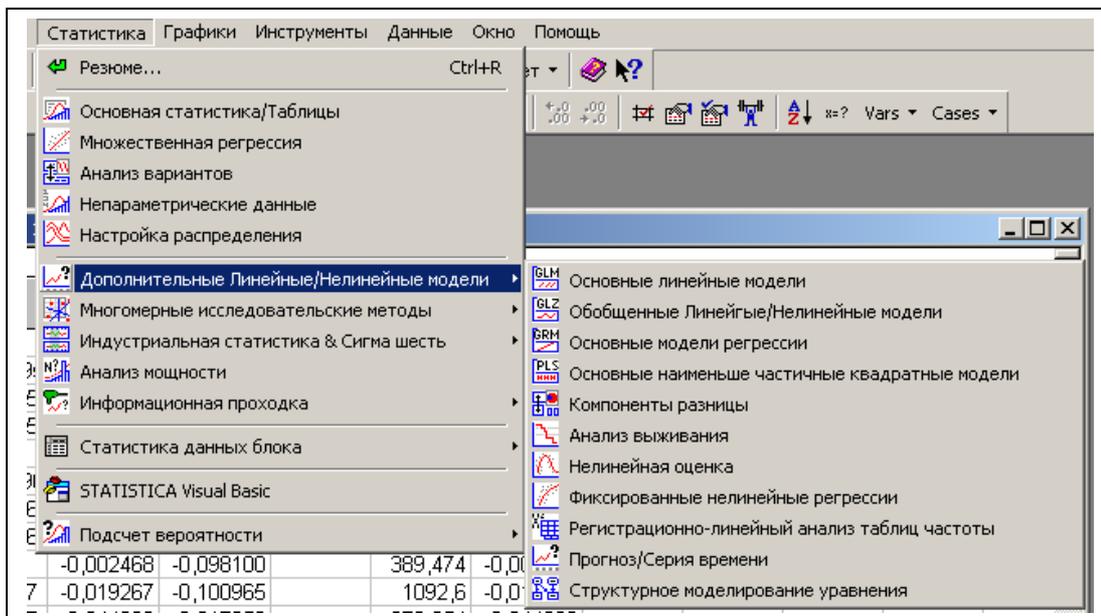


Рисунок 3.24 – Выбор пункта меню для проведения экспоненциального сглаживания

На экране откроется окно рисунок 3.25.

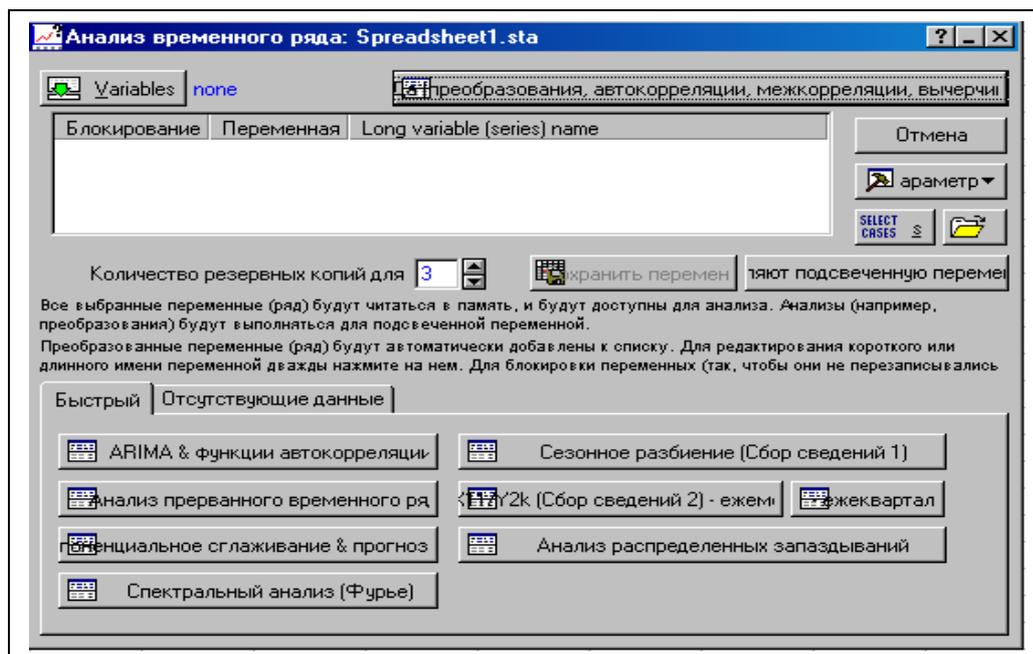


Рисунок 3.25 – Выбор пунктов меню для экспоненциального сглаживания

Выбирается пункт **Exponential Smoothing/Экспоненциальное сглаживание и прогноз**. Для задания переменных воспользуемся кнопкой **Variables/Переменные** из панели **Экспоненциальное сглаживание и прогноз** 3.26.

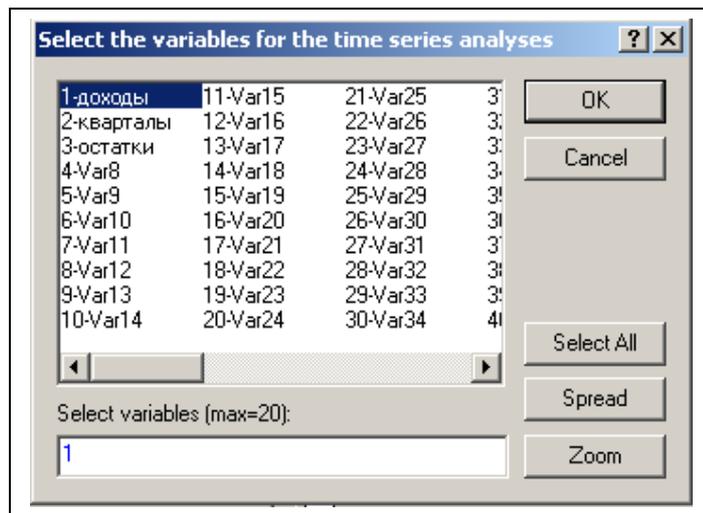


Рисунок 3.26 – Выбор переменной для проведения экспоненциального сглаживания

После выбора переменной необходимо щелкнуть на кнопке **ОК**, вновь окажемся в панели модуля **Экспоненциальное сглаживание**.

Для построения графика, отображающего динамику изменения показателя выберем опцию **Review series/Показ переменной** - нажав кнопку **Review highlighted variable/Показ высвеченной переменной** – получим график ряда y_t (рисунок 3.27):

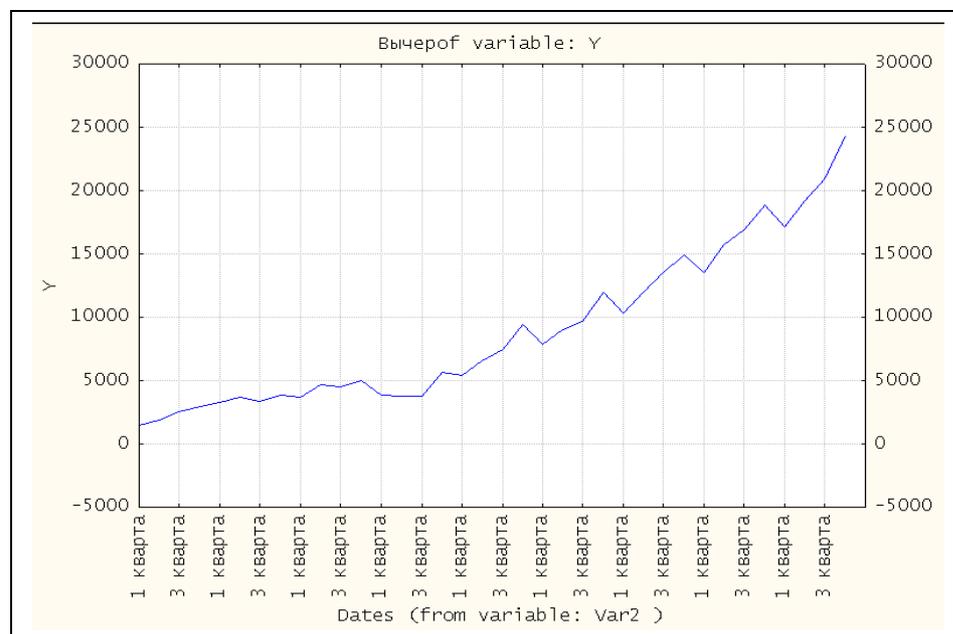


Рисунок 3.27 – Динамика среднемесячных доходов по кварталам

Нажатие на кнопку **Advanced** позволяет перейти к окну функциональных возможностей модуля **Экспоненциальное сглаживание** (рисунок 3.28).

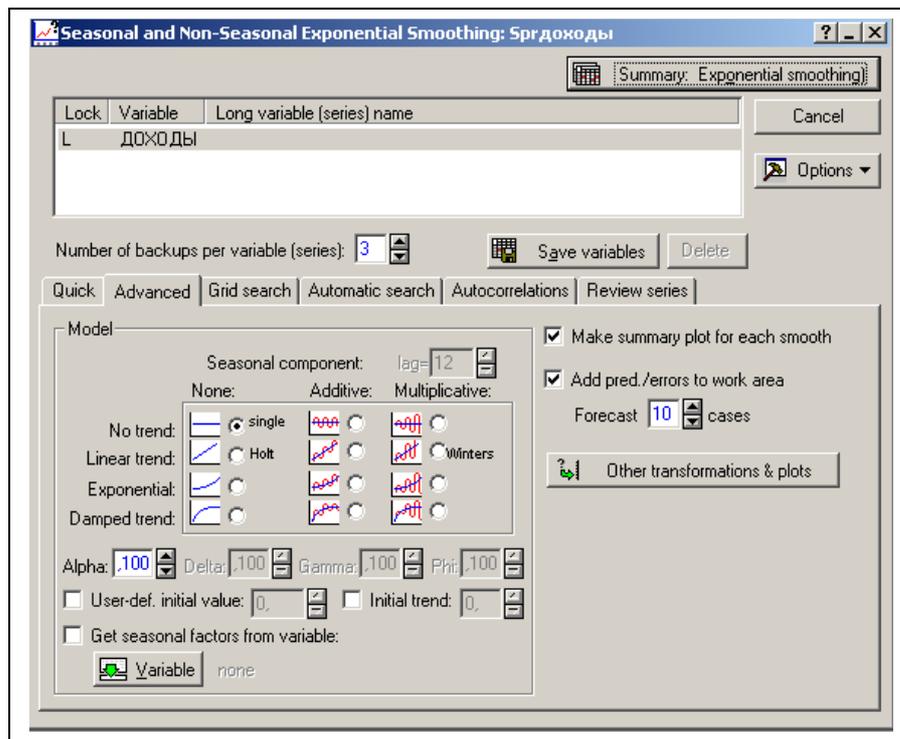


Рисунок 3.28 – Выбор пунктов меню для экспоненциального сглаживания

В зависимости от вида модели аддитивная либо мультипликативная, по наличию либо отсутствию тренда и сезонности выбирается один из пунктов. В нашем случае присутствует нелинейный тренд и аддитивная сезонность (размах сезонности не возрастает). Выберем соответствующую закладку (рисунок 3.29). Сезонность квартальная, количество лагов равно 4, лаг = 12 предлагается автоматически.

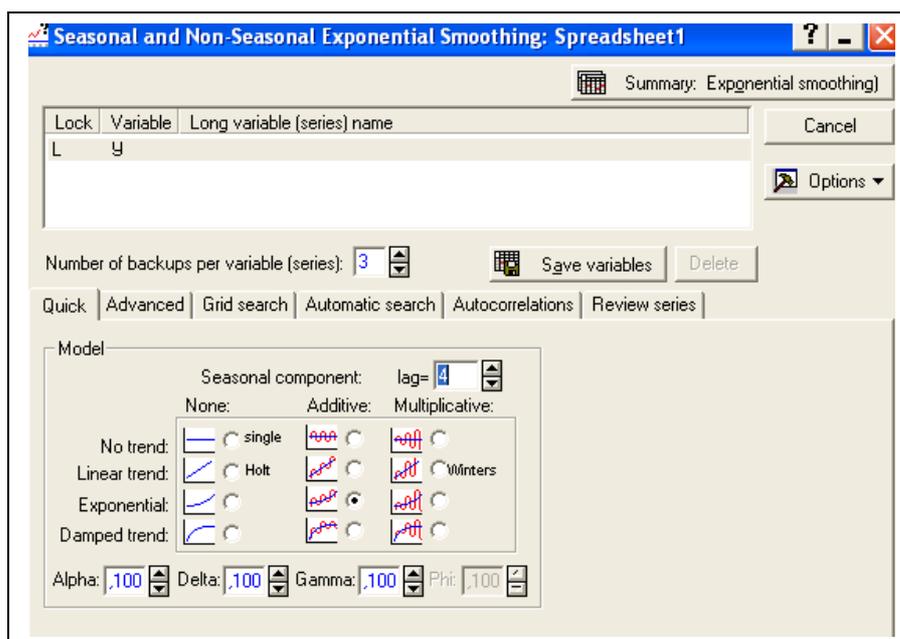


Рисунок 3.29 – Выбор вида экспоненциального сглаживания

Определить значения параметров адаптации можно автоматически, воспользовавшись опцией **Automatic search/ Автоматический поиск** либо вручную используя кнопку **Grid search/Поиск по сетке**.

Наилучшим значениям параметров адаптации соответствуют минимальные значения мер ошибок (рисунок 3.30).

Model Number	Parameter grid search (Smallest abs. errors are highlighted) (Sprдоходы)								
	Alpha	Delta	Gamma	Mean Error	Mean Abs Error	Sums of Squares	Mean Squares	Mean % Error	Mean Abs % Error
559	0,700000	0,900000	0,100000	-128,421	603,0428	19162898	532302,7	-3,41992	11,03045
478	0,600000	0,900000	0,100000	-202,659	615,1921	19280268	535563,0	-3,88349	11,25722
550	0,700000	0,800000	0,100000	-171,681	608,3797	19408946	539137,4	-3,40260	11,10932
469	0,600000	0,800000	0,100000	-200,217	616,5596	19418188	539394,1	-3,86010	11,21793
460	0,600000	0,700000	0,100000	-197,775	616,9567	19641177	545588,3	-3,83681	11,17075
541	0,700000	0,700000	0,100000	-170,070	614,5142	19665871	546274,2	-3,38570	11,19192
479	0,600000	0,900000	0,200000	-110,244	599,6633	19696960	547137,8	-2,74375	11,06955
640	0,800000	0,900000	0,100000	-153,459	612,7212	19840647	551129,1	-3,09432	11,20740
470	0,600000	0,800000	0,200000	-108,864	604,2068	19859283	551646,7	-2,71930	11,04654
532	0,700000	0,600000	0,100000	-168,628	619,8066	19914512	553180,9	-3,36924	11,26764

Рисунок 3.30 – Результаты определения оптимальных значений параметров адаптации методом поиска на сетке

В данном окне модуля представлены оценки мер ошибок **Mean Error/Средняя ошибка** - вычисляется простым усреднением ошибок на каждом шаге, **Mean Abs Error/Средняя абсолютная ошибка**- вычисляется как среднее абсолютных ошибок, **Sums of squares /Сумма квадратов ошибок** и **Mean squares/ среднеквадратическая ошибка** - вычисляются как сумма (или среднее) квадратов ошибок, **Mean % Error/Средняя относительная ошибка** - вычисляется как среднее относительных ошибок, **Mean Abs % Error/Средняя абсолютная относительная ошибка** - вычисляется как среднее абсолютных относительных ошибок. Это наиболее часто используемые индексы качества подгонки. Минимальные значения мер ошибок соответствуют параметру сглаживания **Alpha/α = 0.7**, параметру сезонного сглаживания **Delta/δ = 0.9**, параметру сглаживания тренда **Gamma/γ = 0.1**.

Оценка модели экспоненциального сглаживания с мультипликативным ростом и аддитивным сезонным эффектом:

$$\begin{aligned} \hat{f}_t &= 0,74(y_t - \hat{g}_{t-4}) + 0,34\hat{f}_{t-1}4\hat{r}_{t-1} \\ \hat{g}_t &= 0,94(y_t - \hat{f}_t) + 0,14\hat{g}_{t-4} \\ \hat{r}_t &= 0,14\frac{\hat{f}_t}{\hat{f}_{t-1}} + 0,94\hat{r}_{t-1} \end{aligned} \quad , \quad \text{где } t = 4, \dots, T$$

Нажатие на кнопку **Advanced** позволит установить оптимальные значения параметров сглаживания и определить период прогнозирования в опции **Forecast/ Прогнозирование** (рисунок 3.31).

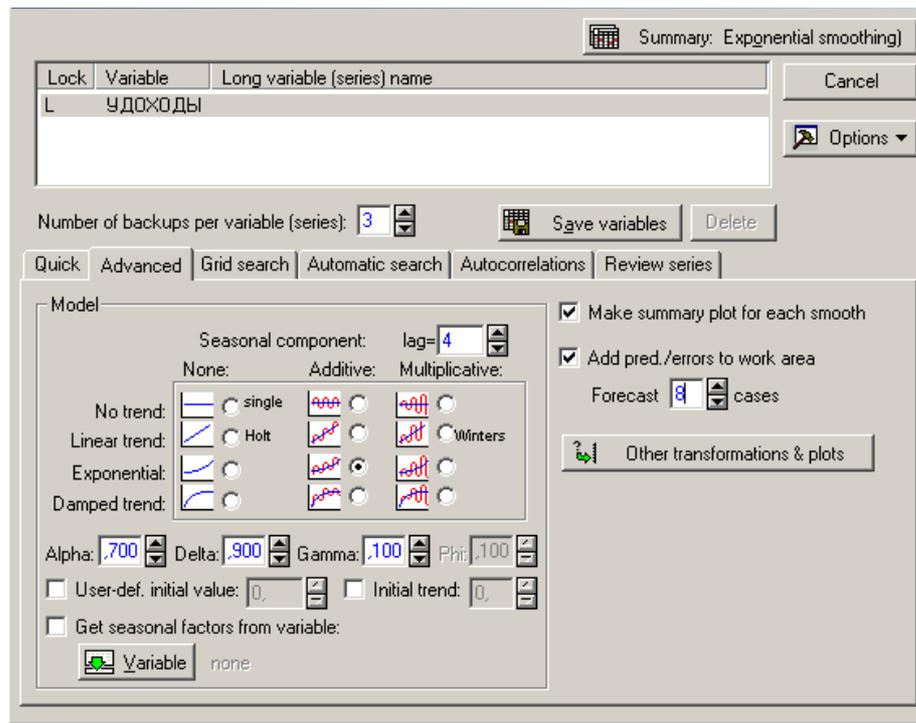


Рисунок 3.31 – Модуль Экспоненциальное сглаживание

После определения всей необходимой информации для экспоненциального сглаживания, щелкните по кнопке **Summary. Exponential Smoothing** в правом верхнем углу окна. Результаты расчетов приведены в виде отчета на рисунке 3.32.

Экп. smoothing: Additive season (4) S0=1743, T0=1,126 (Sprдоходы)					
Expon.trend, add.season; Alpha=.700 Delta=.900 Gamma=.100					
ДОХОДЫ					
Case	ДОХОДЫ	Smoothed Series	Resids	Seasonal Factors	
1	1473,20	1274,34	198,86	-688,199	
2	1860,30	2304,92	-444,62	-78,133	
3	2550,80	2283,06	267,74	-35,381	
4	2953,90	3628,54	-674,64	801,714	
5	3265,10	1977,28	1287,82		
6	3724,00	3833,37	-109,37		
7	3392,30	4566,74	-1174,44		
8	3819,10	4789,12	-970,02		
9	3725,60	3574,60	151,00		
10	4663,00	4172,88	490,12		
11	4513,80	5022,87	-509,07		
12	5031,00	5850,54	-819,54		
13	3816,50	5159,26	-1342,76		
14	3770,50	4725,89	-955,39		
15	3805,40	4003,64	-198,24		
16	5673,10	4681,78	991,32		

Рисунок 3.32 – Наблюдаемые, сглаженные значения ряда динамики показателя, значения остатков и показателей сезонности

Для проведения теста на нормальный характер распределения остатков, скопируем столбец **Residual** в окно с исходными данными. Затем в меню

системы **Statistica** выберем пункт **Distribution Fitting** (рисунок 3.33). На экране появится окно:

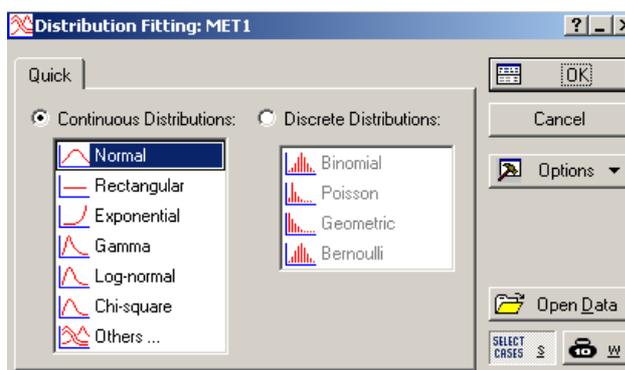


Рисунок 3.33 - Выбор вида распределения остатков

В появившемся окне выберем распределение **Normal – Нормальное** и щелкнем по кнопке **ОК**. После чего на экране появится окно (рисунок 3.34):

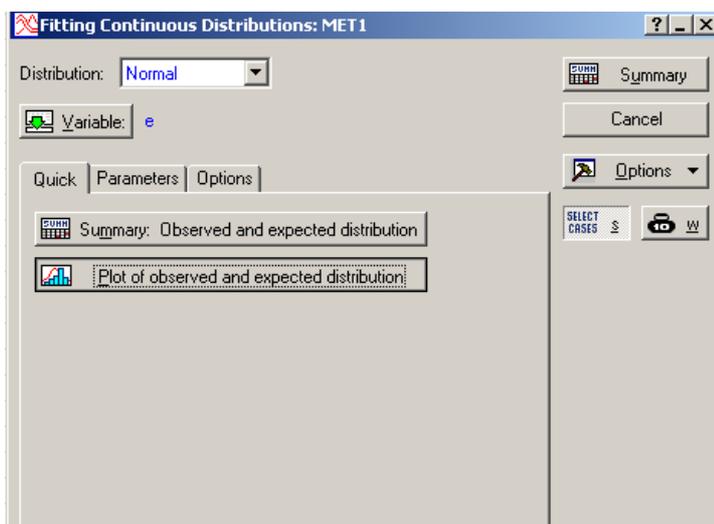


Рисунок 3.34 - Выбор пунктов для построения гистограммы остатков

В данном окне сначала необходимо выбрать переменные, используя кнопку **Variable**. Кроме того, в данном модуле, используя кнопку **Parameters – Параметры**, можно изменить количество интервалов, верхнюю и нижнюю границы интервалов и т.д. Для получения графика нормального распределения, нажмем по кнопке **Plot of observed and expected distribution**.

На экране появится окно (рисунок 3.35), содержащее гистограмму распределения, значение χ^2 – критерия, степени свободы, значимость нулевой гипотезы.

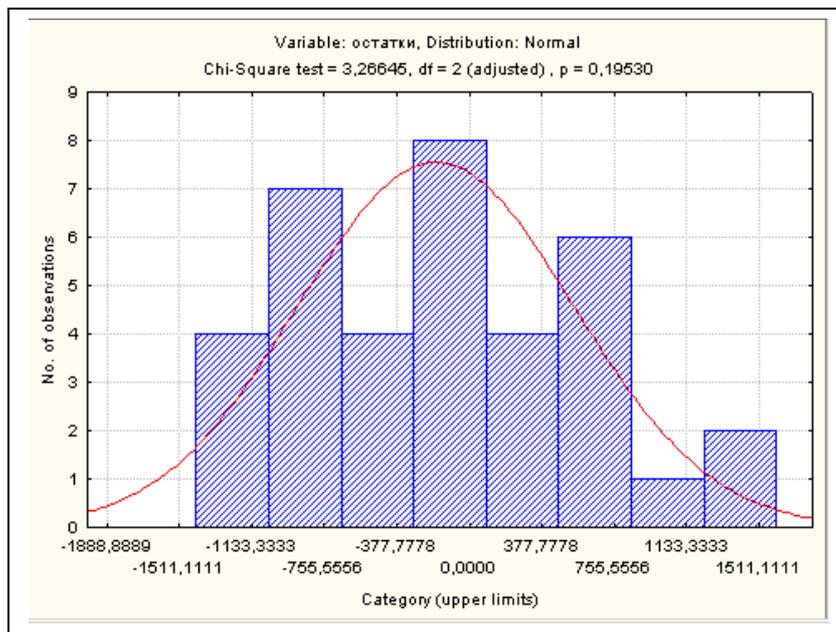


Рисунок 3.35 - График распределения остатков

На уровне значимости 0,05 можно принять нулевую гипотезу о том, что распределение остатков не отличаются от нормального, так как значимость нулевой гипотезы ($p=0,19$) больше, чем заданный.

Далее можно приступить к исследованию некоррелированности остатков модели. Некоррелированность остатков исследуются в специальном окне **Autocorrelations – Автокорреляция**. Для этого необходимо щелкнуть мышкой по кнопке **Autocorrelations** в окне рисунка 3.31. В появившемся окне можно установить уровень значимости в опции **p-level for highlighting** и порядок автокорреляции в опции **Number of lags**. Нажатие на кнопку **Autocorrelations – Автокорреляция** даст оценку автокорреляционной функции (рисунок 3.36).

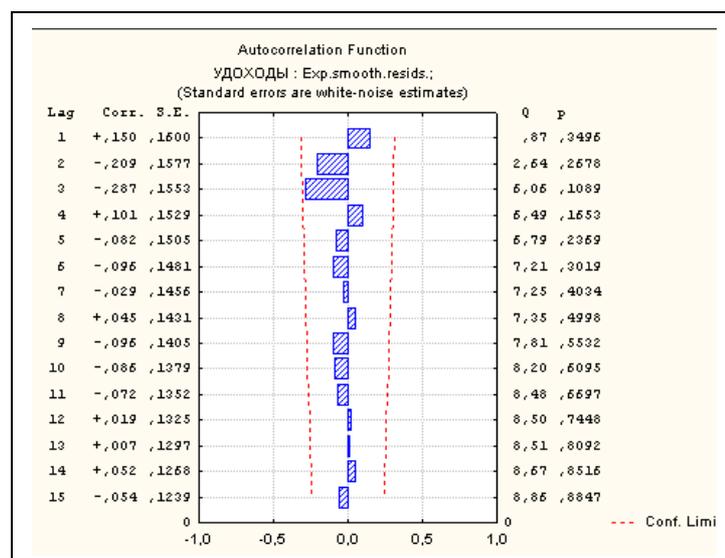


Рисунок 3.36 – Оценка автокорреляционной функции остатков

На уровне значимости 0,05 можно принять нулевую гипотезу о том, что остатки некоррелированы. Значимость коэффициентов автокорреляции проверяется на основе расчета Q-статистики Бокса-Льюнга, значения которого приводятся вместе со значениями значимости нулевой гипотезы. Нажатие на кнопку **Partial Autocorrelations – Частная Автокорреляция** даст оценку частной автокорреляционной функции (3.37).

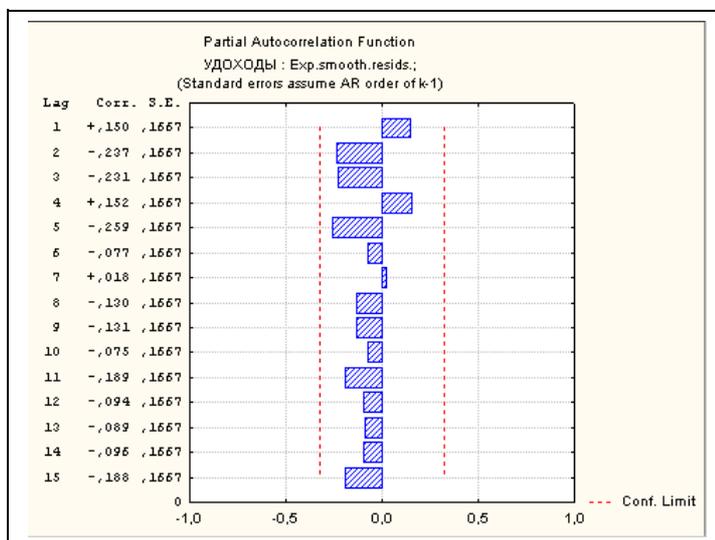


Рисунок 3.37 – Оценка частной автокорреляционной функции остатков

На уровне значимости 0,05 можно принять нулевую гипотезу о том, что остатки некоррелированы. Так как остатки нормально распределены и некоррелированы, то можно переходить к прогнозированию.

Вернемся к окну **Exponential Smoothing/Экспоненциальное сглаживание**. В опции **Forecast/ Прогнозирование** устанавливается период упреждения, в данном случае период упреждения – 2 года или 8 кварталов. График прогнозных значений можно получить, нажав на кнопку **Summary. Exponential Smoothing**.

На рисунке 3.38 представлен прогноз исходного временного ряда на 2 года вперед.

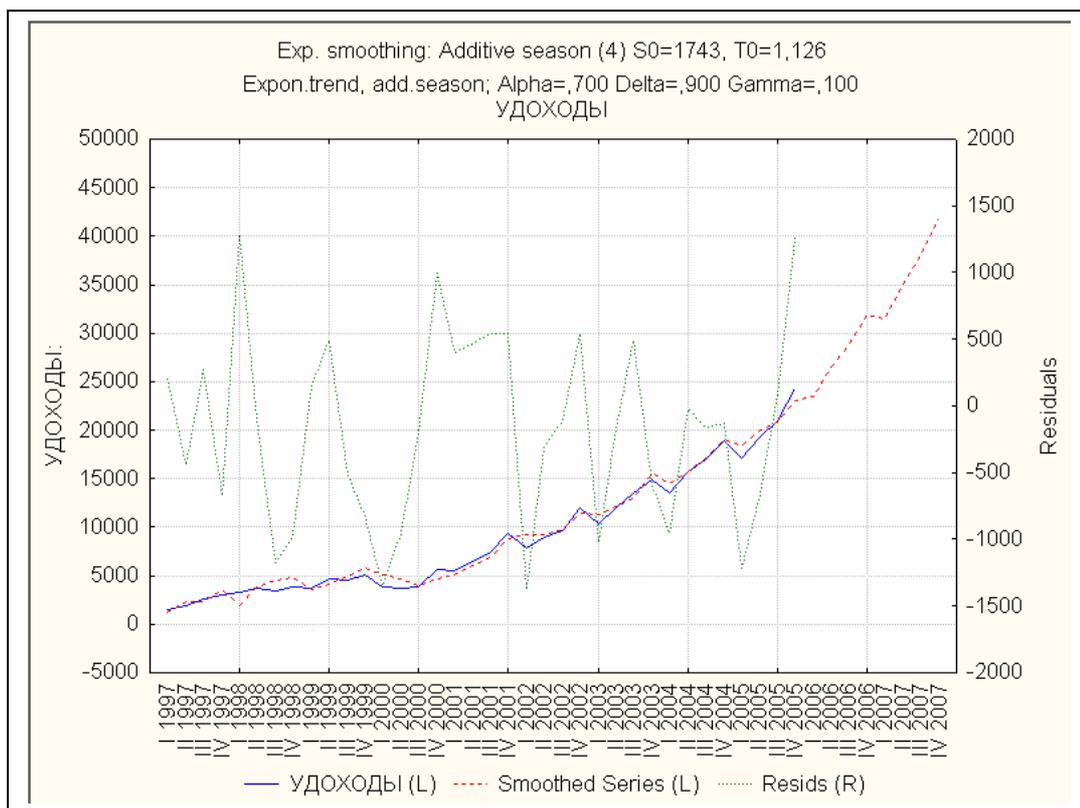


Рисунок 3.38 – Результат прогнозирования методом экспоненциального сглаживания

Оценка модели экспоненциального сглаживания с мультипликативным ростом и аддитивным сезонным эффектом:

$$\hat{y}_t = \hat{f}_t + \hat{g}_t$$

$$\hat{f}_t = 0,74(y_t - \hat{g}_{t-4}) + 0,34\hat{f}_{t-1} + \hat{r}_{t-1}$$

$$\hat{g}_t = 0,94(y_t - \hat{f}_t) + 0,14\hat{g}_{t-4} \quad , \quad \text{где } t = 4, \dots, T$$

$$\hat{r}_t = 0,14\frac{\hat{f}_t}{\hat{f}_{t-1}} + 0,94\hat{r}_{t-1}$$

Согласно прогнозу в четвертом квартале 2007 г. среднедушевые денежные доходы населения Оренбургской области составят 41878,69 руб.

3.3 Порядок выполнения работы в пакете SPSS

Рассмотрим процедуру прогнозирования на основе сезонных адаптивных моделей, используя квартальную информацию о среднедушевых денежных доходах населения Оренбургской области (y_t) за период 1997-2005 гг.

Окно с частью данных для анализа представлено на рисунке 3.39.

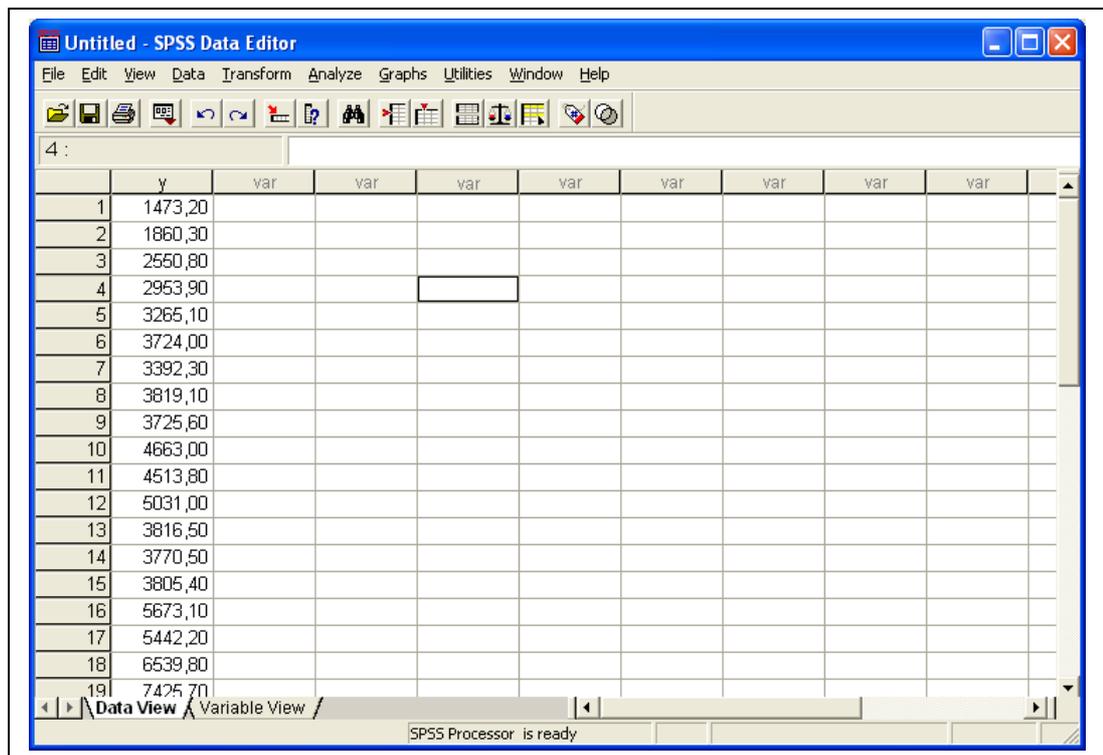


Рисунок 3.39 – Вид редактора данных SPSS с частью исходных данных

Укажем, что исходные данные имеют квартальный характер с помощью пункта меню **Data/Define dates – Дата/Задать даты**. На экране появится окно (рисунок 3.40):

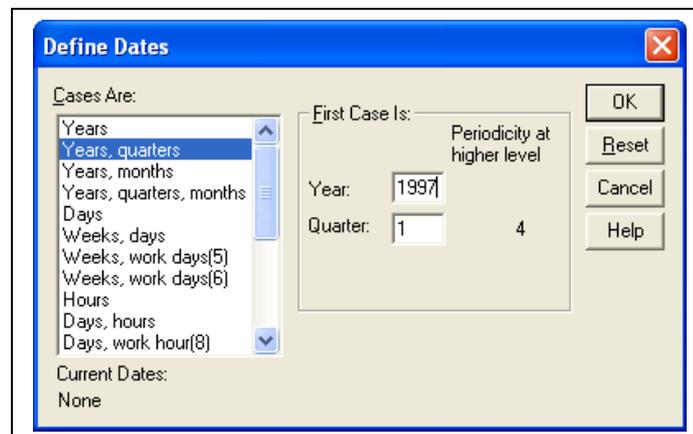


Рисунок 3.40 – Вид окна задания дат

В поле **Cases Are – Наблюдения** выберем **Years, quarters – Годы, кварталы**. В полях настроек **First Case Is - Первое наблюдение** укажем год (**Year**) и квартал (**Quarter**), на которые приходится начало ряда. В нашем случае это 1997 и 1 (1 квартал 1997 года). После нажатия OK в редакторе данных появятся 3 новые переменные: **YEAR_**, **QUARTER_** и **DATE** (рисунок 3.41), которые будут необходимы при оценивании различных моделей, учитывающих сезонные факторы.

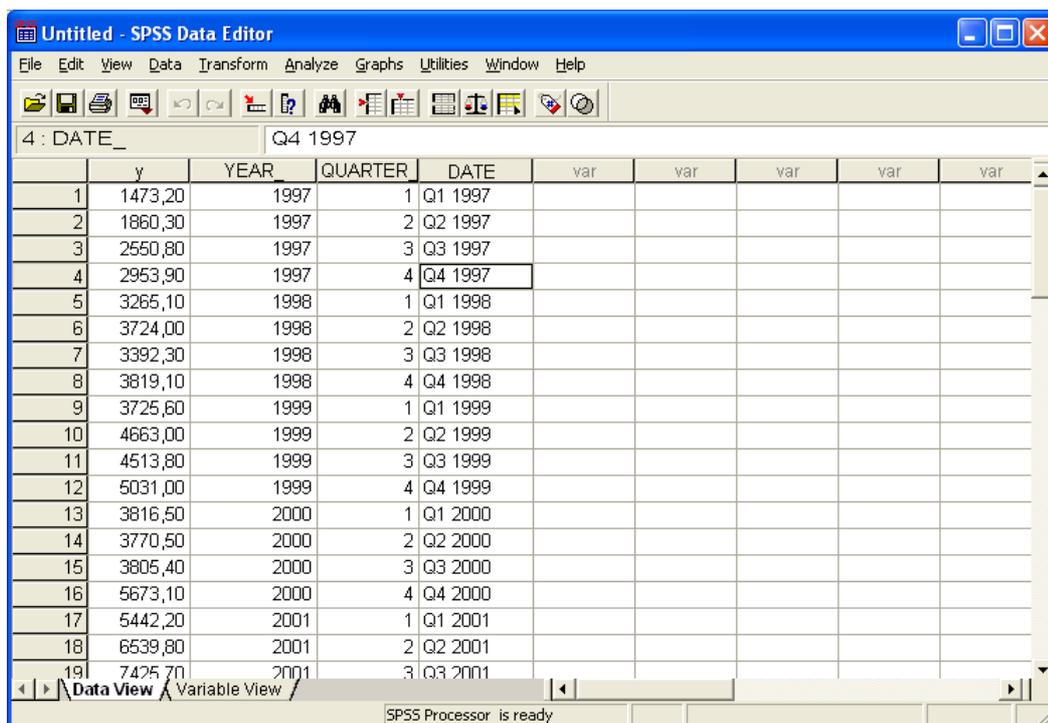


Рисунок 3.41 – Вид окна редактора SPSS после задания дат

Первым этапом при определении компонентного состава временного ряда является построение графика исходного временного ряда. Для этого выберем пункт **Graphs/Line - Графики/Линия**, в появившемся окне отметим, что данные представляют собой значения наблюдений, в нашем случае, временного ряда (**Values of individual cases**) (рисунок 3.42):

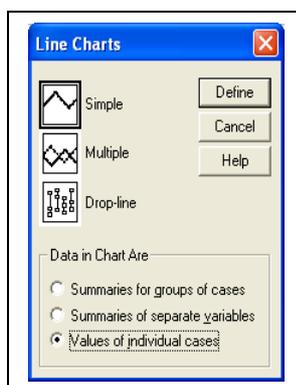


Рисунок 3.42 – Вид панели выбора типа графика

Нажмем кнопку **Define/Определить** (по умолчанию кнопка **Simple/Простая** уже выделена). В появившемся окне необходимо задать переменную, для которой будет построен график. Выберем из списка в левой части окна переменную y_t и кнопкой слева от поля **Line Represents** перенесем переменную в него. В **Category Labels – Метки категории** выберем **Variable – Переменная** и перенесем в поле ниже переменную DATA (рисунок 3.43):

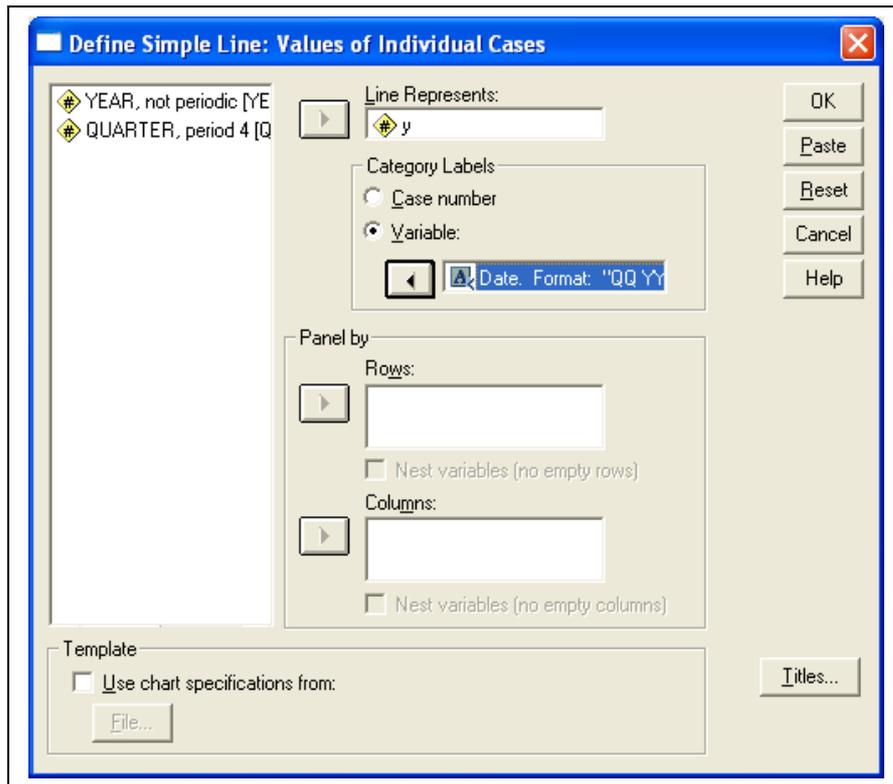


Рисунок 3.43 – Выбор переменных для построения графика

Полученный график среднедушевых доходов населения Оренбургской области приведен на рисунке 3.44.

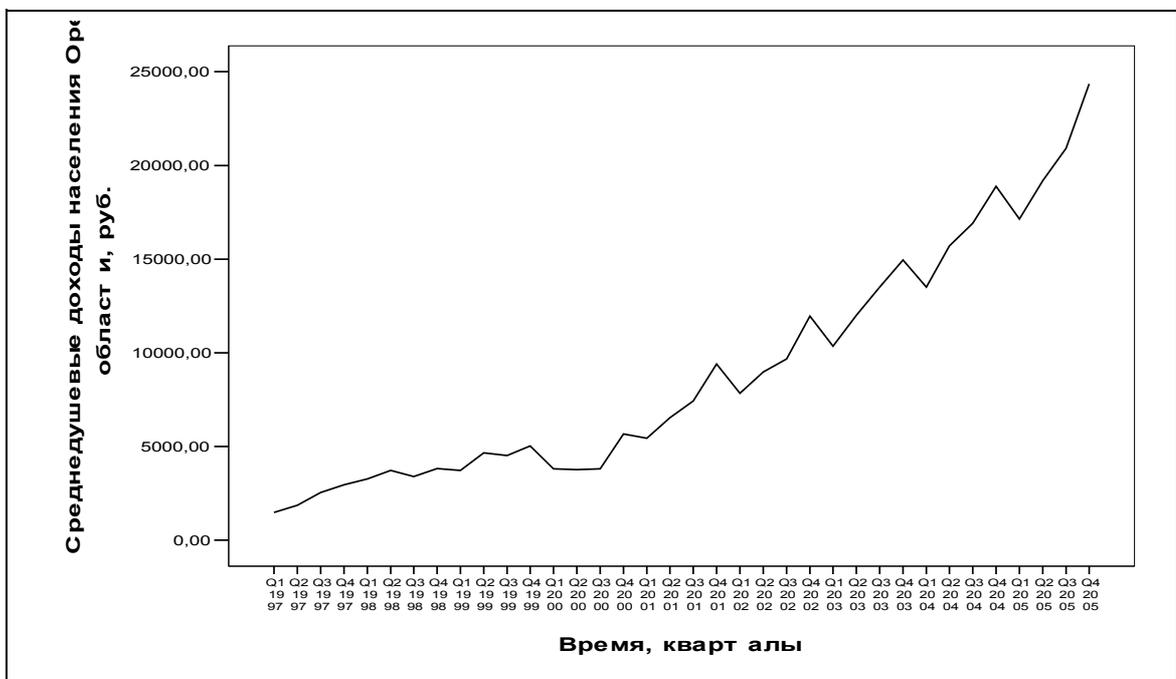


Рисунок 3.44 - Динамика среднемесячных доходов по кварталам

На основе анализа рисунка 3.44 можно сделать вывод, что у исследуемого ряда имеется возрастающий тренд и, по-видимому, сезонные колебания, причем и характер тренда, и характер сезонных колебаний меняются со времени (например, до 2000 года сезонность явно не просматривается). Поэтому будем строить прогноз на основе сезонных адаптивных моделей.

Для вызова окна выбора модели экспоненциального сглаживания и задания параметров используем пункт главного меню **Analyze/Time Series/Exponential Smoothing** – **Анализ/Временные ряды/Экспоненциальное сглаживание**. На экране появится окно следующего вида (рисунок 3.45):

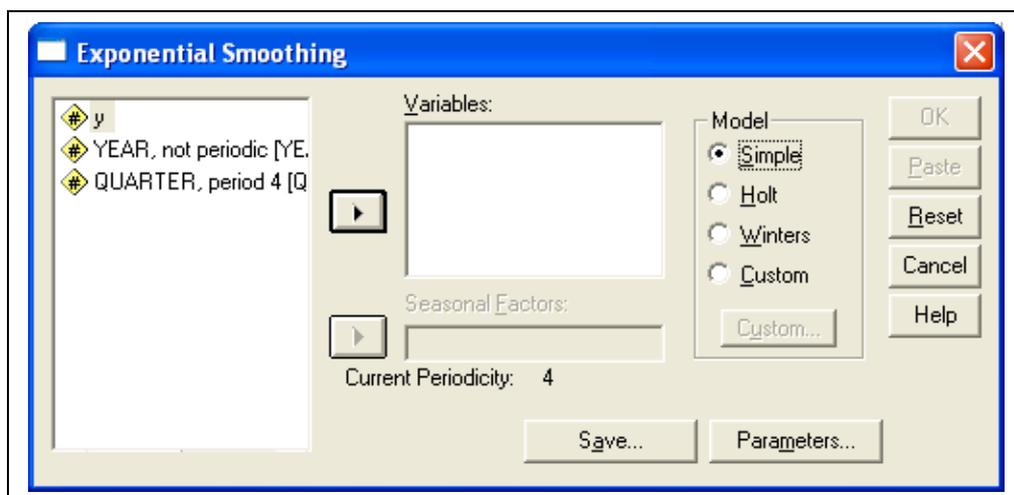


Рисунок 3.45 – Вид окна выбора модели экспоненциального сглаживания

В поле Model – Модель можно выбрать:

- **Simple (Простое)** – для рядов без тренда и без сезонности;
- **Holt (модель Хольта)** – для рядов с линейным трендом и без сезонности;
- **Winters (модель Уинтерса)** – для рядов с линейным трендом и мультипликативной сезонностью;
- **Custom (Пользовательская модель)** – вид тренда и тип сезонности задается пользователем.

В нашем случае сезонность не носит мультипликативного характера, поэтому выберем модель **Custom** и нажмем на одноименную кнопку. Поскольку из графика ряда (рисунок 3.44) можно предположить как линейный, так и экспоненциальный тренд, то в поле **Trend Component – Трендовая компонента** выберем опцию **Exponential - Экспоненциальный**, в поле **Seasonal Component – Сезонная компонента** – опцию **Additive – Аддитивная** (рисунок 3.46):

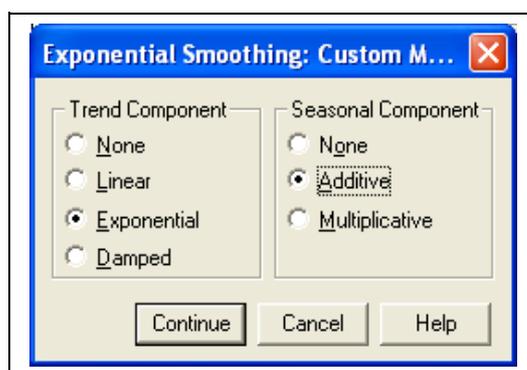


Рисунок 3.46 – Выбор модели экспоненциального сглаживания

После нажатия на кнопку **Continue – Продолжить** возвращаемся в основное окно настроек экспоненциального сглаживания и, поскольку мы будем оценивать сезонную модель, занесем в поле **Seasonal Factors – Сезонные факторы** переменную, содержащую номера кварталов (рисунок 3.47).

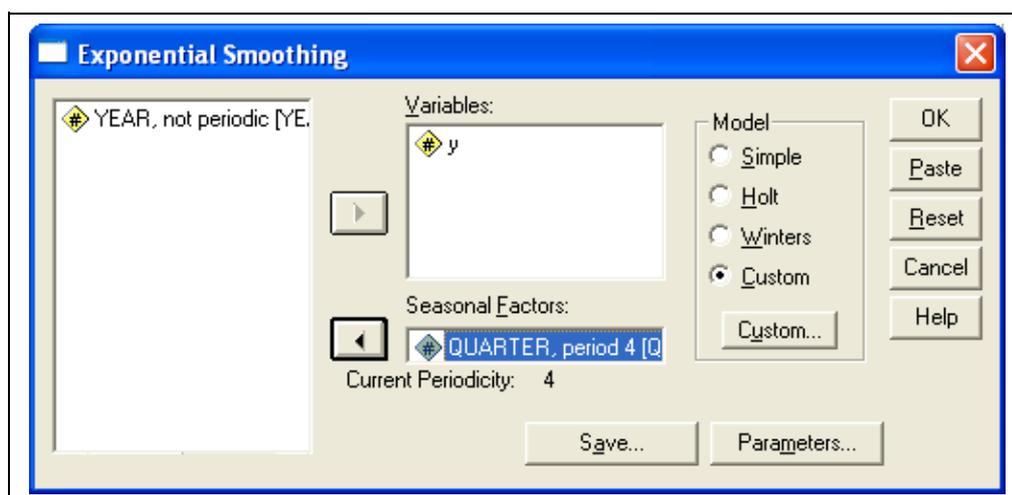


Рисунок 3.47 – Указание переменной для учета сезонных факторов

Чтобы указать параметры сглаживания, нажмем на кнопку **Parameters – Параметры**. Экспоненциальное сглаживание в пакете SPSS предусматривает возможное использование следующих параметров сглаживания:

- **General (Alpha)** – параметр сглаживания (или, иначе, параметр сглаживания среднего);
- **Trend (Gamma)** - параметр сглаживания тренда;
- **Seasonal (Delta)** – параметр сезонного сглаживания;
- **Trend Mod (Phi)** – параметр, контролирующий скорость затухания тренда (для моделей с затухающим, или демпфированным трендом).

Значение каждого из параметров сглаживания либо задается пользователем (для этого в поле каждого параметра выбирается опция Value-Значение и в ставшее активном поле справа вводится нужное значение), либо

может быть найдено с помощью автоматического поиска по сетке с заданным шагом (для этого выбирается опция **Grid Search – Поиск по сетке**, шаг задается в поле **By**). Начальные значения для сглаживания (поле **Initial Values**) также могут быть как заданы пользователем (опция **Custom**), так и выбраны автоматически (опция **Automatic**). Установленный флажок опции **Display only 10 best models for grid search** означает, что программа переберет все возможные комбинации сглаживающих параметров, но выведет результаты только для 10 наилучших (по критерию минимума суммы квадратов ошибок) моделей. Будем искать оптимальные значения всех параметров сглаживания автоматически по сетке с шагом 0,1 (рисунок 3.48):

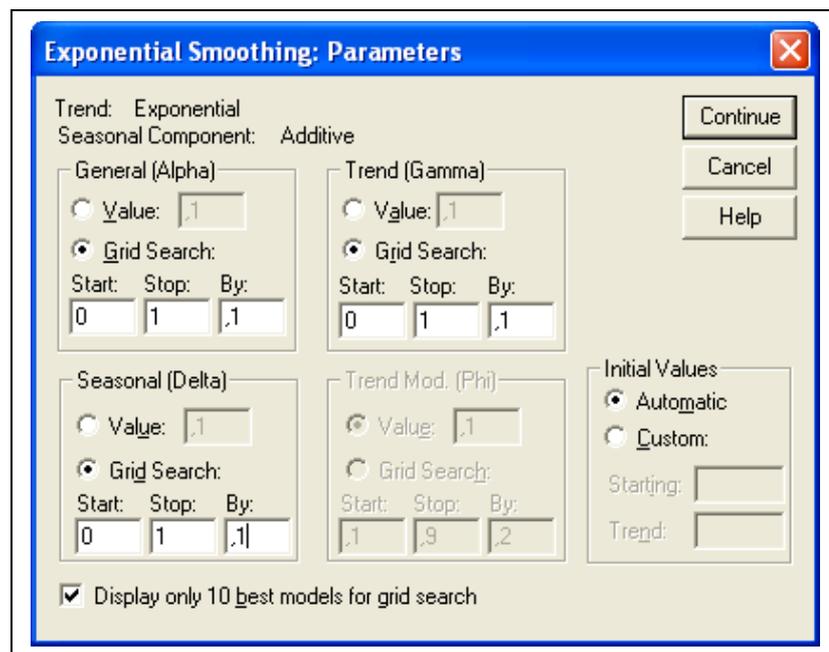


Рисунок 3.48 – Настройка поиска оптимальных параметров сглаживания

Нажмем на кнопку **Continue - Продолжить**, для возвращения в основное окно настроек экспоненциального сглаживания. Поскольку нашей целью является построение прогноза среднедушевых доходов на 2 года вперед, то нажмем на кнопку **Save - Сохранить** и в появившемся окне в поле **Predict Cases – Прогнозировать**, выбрав опцию **Predict through - Прогнозировать до**, укажем конечную дату интервала упреждения (1997 для **Year - Год** и 4 для **Quarter - Квартал**) (рисунок 3.49)

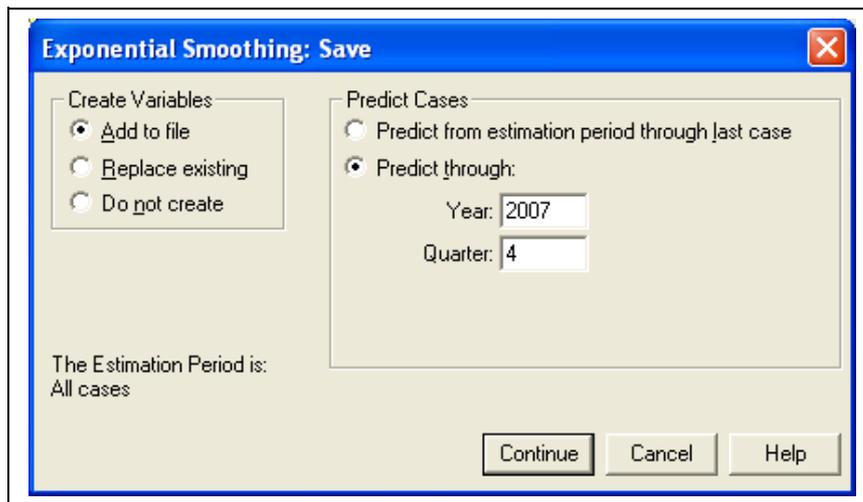


Рисунок 3.49 – Задание интервала прогнозирования

Нажмем **Continue - Продолжить**, затем **ОК** - запустим процедуру экспоненциального сглаживания.

В окне SPSS Viewer появится таблица, содержащая проранжированный в порядке возрастания остаточной суммы квадратов список из 10 наилучших моделей (или комбинаций параметров сглаживания) (рисунок 3.50)

Series	Model rank	Alpha (Level)	Gamma (Trend)	Delta (Season)	Sums of Squared Errors
y	1	,70000	,10000	1,00000	16536471
	2	,70000	,20000	1,00000	16697102
	3	,60000	,10000	1,00000	16832657
	4	,70000	1,00000	1,00000	16835852
	5	,60000	,20000	1,00000	16890570
	6	,60000	,10000	,90000	17128721
	7	,60000	,20000	,90000	17189437
	8	,70000	,30000	1,00000	17197721
	9	,70000	,10000	,90000	17249322
	10	,70000	,90000	1,00000	17260459

Рисунок 3.50 - Результаты определения оптимальных значений параметров адаптации методом поиска на сетке

Таким образом, наименьшая остаточная сумма квадратов 16536471 обеспечивается при значениях $\alpha = 0,7$, $\gamma = 0,1$ и $\delta = 1$. Между тем отметим, что разница между «наихудшей» и «наилучшей» моделью из данного списка очень мала, составляет всего около 4%, и поэтому если анализ остатков какой-либо из моделей покажет ее неадекватность, то окончательный выбор модели может быть сделан в пользу любой другой из

данного списка, остатки которой будут лучше удовлетворят требованиям нормальности и некоррелированности.

На основе наилучшей модели (обеспечивающей минимальную сумму квадратов ошибок и имеющую ранг 1) рассчитываются сглаженные и прогнозные значения. В окне редактора данных появляются две новые переменные: FIT_1 (содержит сглаженные и прогнозные значения) и ERR_1 (содержит остатки модели) (рисунок 3.51):

	y	YEAR	QUARTER	DATE	FIT_1	ERR_1	var	var
1	1473,20	1997	1	Q1 1997	1963,54164	-490,34164		
2	1860,30	1997	2	Q2 1997	1793,22494	67,07506		
3	2550,80	1997	3	Q3 1997	2041,66793	509,13207		
4	2953,90	1997	4	Q4 1997	2706,72647	247,17353		
5	3265,10	1998	1	Q1 1998	3119,83466	145,26534		
6	3724,00	1998	2	Q2 1998	3858,58137	-134,58137		
7	3392,30	1998	3	Q3 1998	4408,51413	-1016,21413		
8	3819,10	1998	4	Q4 1998	4035,38465	-216,28465		
9	3725,60	1999	1	Q1 1999	4133,89304	-408,29304		
10	4663,00	1999	2	Q2 1999	4349,65353	313,34647		
11	4513,80	1999	3	Q3 1999	4948,13352	-434,33352		
12	5031,00	1999	4	Q4 1999	5307,63350	-276,63350		
13	3816,50	2000	1	Q1 2000	5388,39778	-1571,89778		
14	3770,50	2000	2	Q2 2000	4945,09584	-1174,59584		
15	3805,40	2000	3	Q3 2000	4013,45048	-208,05048		
16	5673,10	2000	4	Q4 2000	4314,42014	1358,67986		
17	5442,20	2001	1	Q1 2001	5065,75544	376,44456		
18	6539,80	2001	2	Q2 2001	6261,38725	278,41275		
19	7425,70	2001	3	Q3 2001	6985,10218	440,59782		

Рисунок 3.51 – Вид окна редактора EViews после проведения экспоненциального сглаживания

Перед использованием модели необходимо убедиться в ее адекватности – проверить, являются ли остатки белым шумом. Проверим нормальный характер и некоррелированность остатков модели.

В пакете SPSS для проверки гипотезы о нормальном характере распределения случайной величины можно воспользоваться графиками квантиль-квантиль (на графике строится зависимость между наблюдаемыми квантилями и квантилями теоретического распределения) и вероятность-вероятность (на графике строится зависимость между наблюдаемой функцией распределения и теоретической функцией распределения для оценки подгонки теоретического распределения к наблюдаемым данным.).

Для построения графика квантиль-квантиль выберем пункт меню **Graphs/Q-Q – Графики/К-К**. В появившемся окне в поле **Variables/Переменные** занесем переменную ERR_1, в поле **Test Distribution/Проверка распределения** выберем распределение **Normal – Нормальное** (рисунок 3.52):

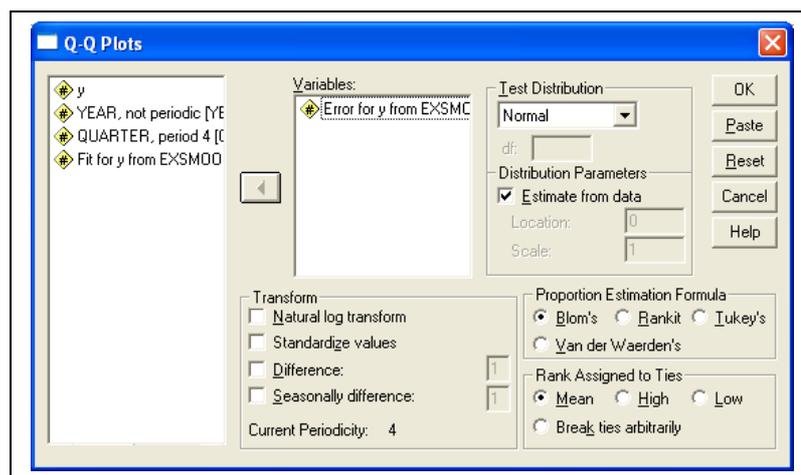


Рисунок 3.52 – Вид окна настроек для проверки нормального характера распределения остатков с помощью графика квантиль-квантиль

Щелкнем по кнопке **ОК**. График квантиль-квантиль для остатков модели изображен на рисунке 3.53.

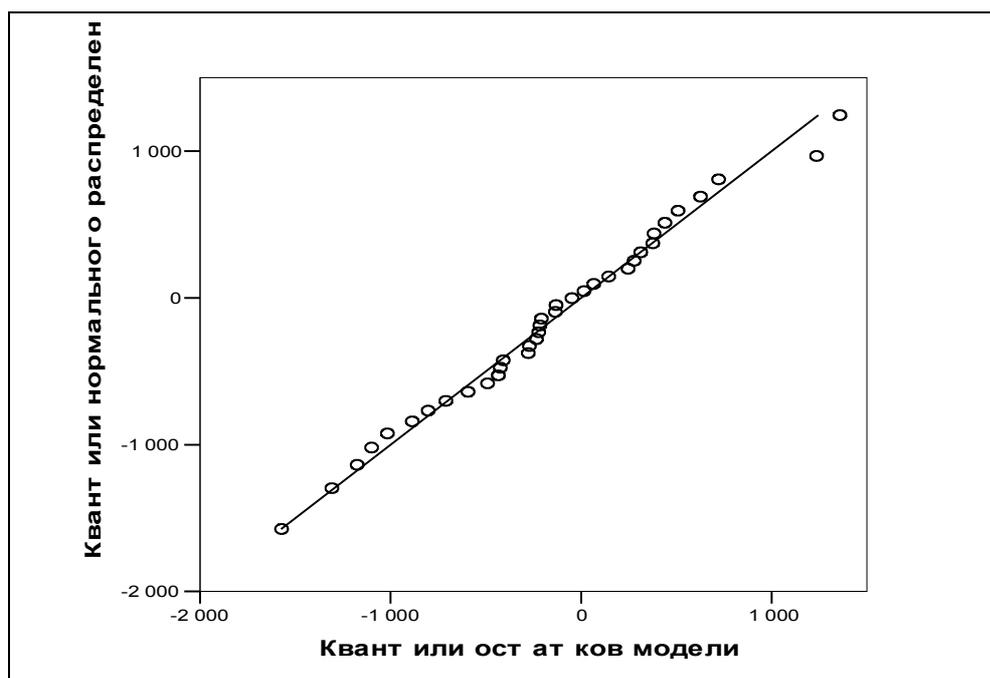


Рисунок 3.53 – Проверка нормального характера распределения остатков с помощью графика квантиль-квантиль

Как видно из рисунка 3.53, все точки графика располагаются практически на одной прямой, что говорит о близости распределения остатков модели к нормальному.

Для построения графика вероятность-вероятность необходимо воспользоваться пунктом меню **Graphs/P-P-Графики/В-В**. Настройки аналогичны

Построим выборочную автокорреляционную функцию остатков модели, выбрав пункт меню **Graphs/Time Series/Autocorrelations** – **Графики/Временные ряды/Автокорреляции**. В появившемся окне в поле **Variables/Переменные** с помощью кнопки со стрелкой перенесем переменную ERR_1, автокорреляционная и частная автокорреляционная функции для которой должны быть построены (рисунок 3.54):

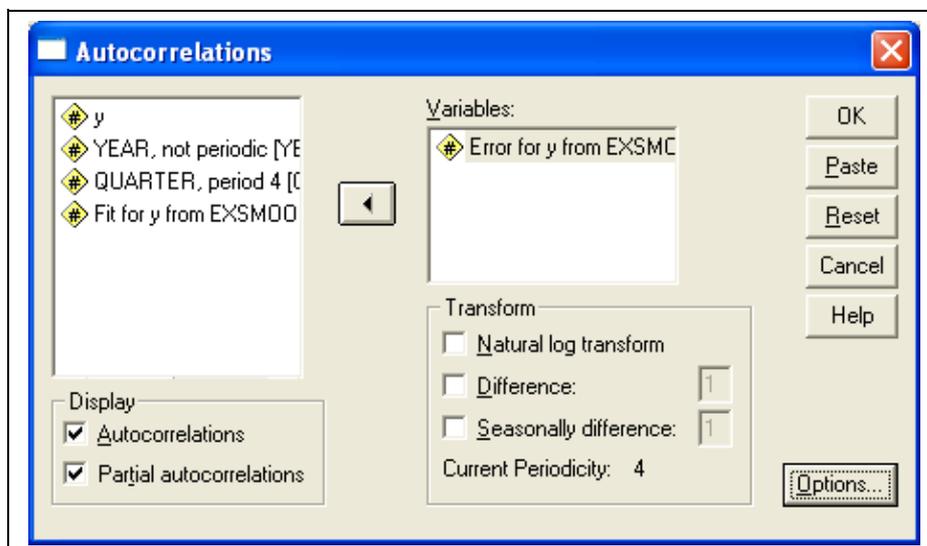


Рисунок 3.54 – Вид окна настроек для оценивания автокорреляционной функции

Нажатие на кнопку **Options/Опции** позволяет задать в появившемся окне максимальное количество лагов, для которых будут рассчитаны коэффициенты автокорреляции (рисунок 3.55).

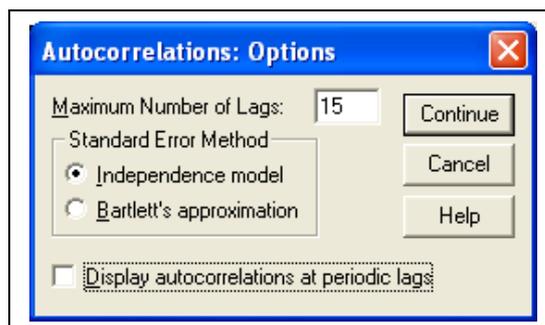


Рисунок 3.55 – Выбор числа лагов для расчета автокорреляционной функции

После нажатия на кнопки **Continue** и **OK** в окне SPSS Viewer появятся графики выборочной автокорреляционной и частной автокорреляционной функций (рисунки 3.56 и 3.57).

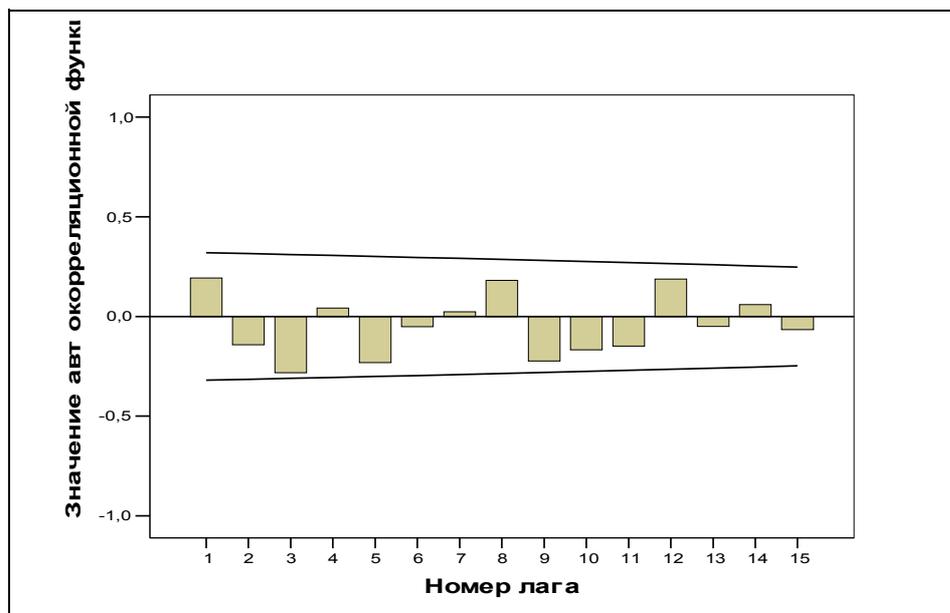


Рисунок 3.56 – Оценка автокорреляционной функции остатков

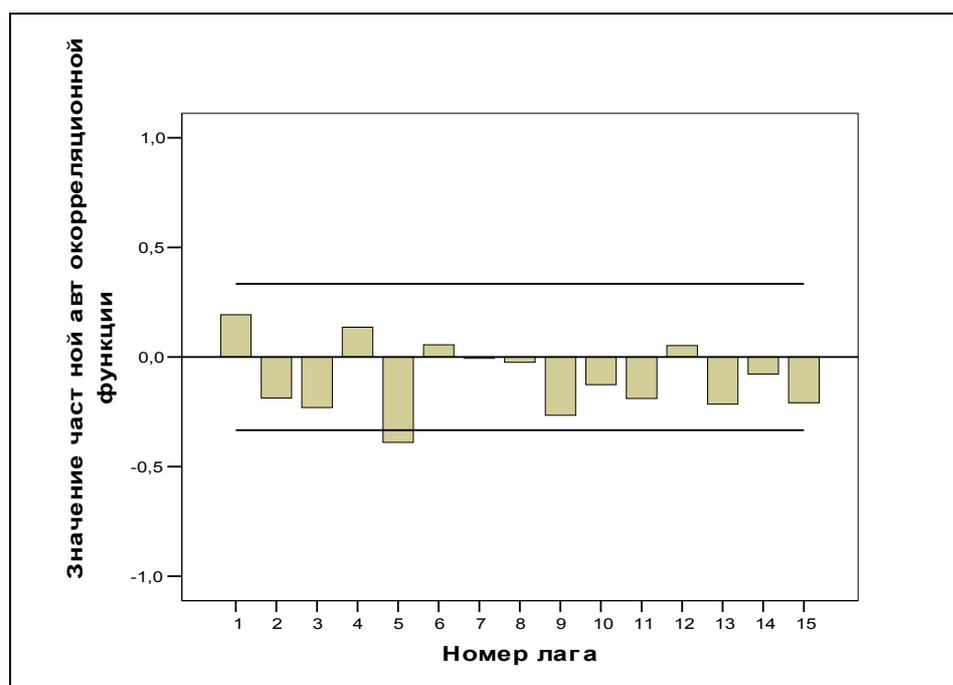


Рисунок 3.57 – Оценка частной автокорреляционной функции остатков

Частная автокорреляционная функция имеет значимый выброс на лаге 5, поэтому данная модель не может считаться адекватной.

После уменьшения шага были найдены значения параметров, при которых остатки модели на уровне значимости 0,05 можно считать некоррелированными – $\alpha = 0,6$, $\gamma = 0,1$ и $\delta = 0,95$. Остаточная сумма квадратов составила 16959099.

На основе анализа графиков квантиль-квантиль и вероятность-вероятность можно сделать вывод, что распределение остатков последней модели не отличается от нормального.

Графики автокорреляционной и частной автокорреляционной функций приведены на рисунках 3.58 и 3.59.

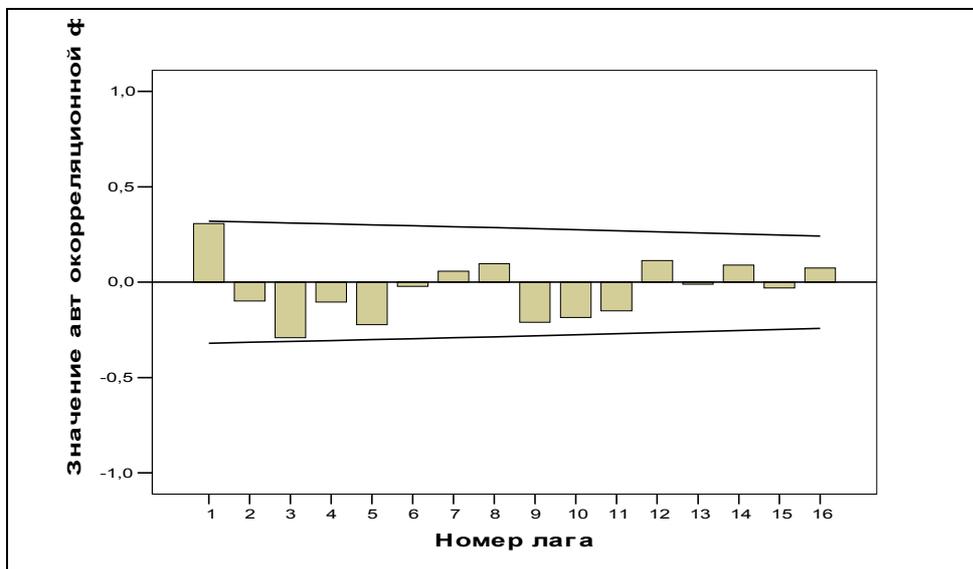


Рисунок 3.58 - Оценка автокорреляционной функции остатков

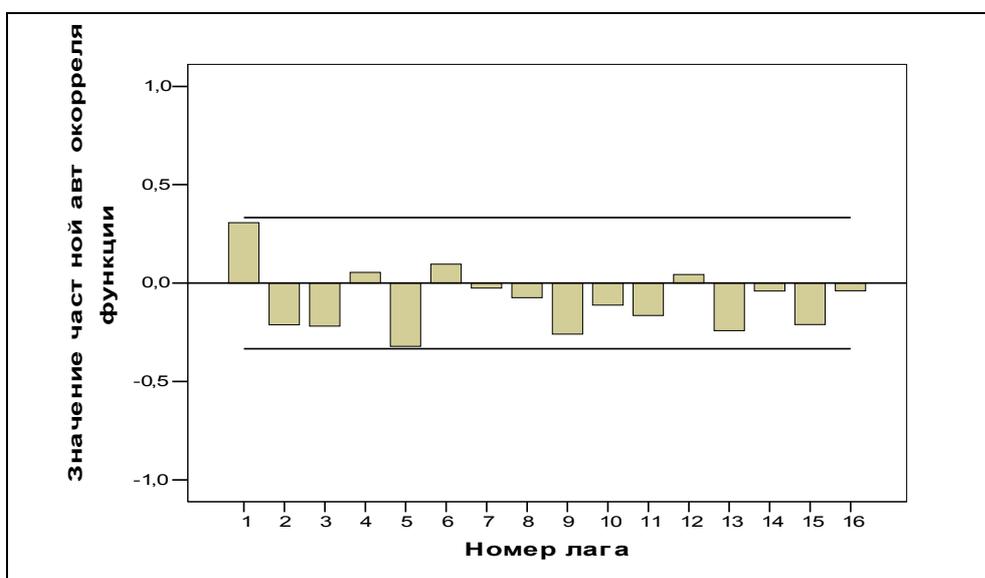


Рисунок 3.59 - Оценка частной автокорреляционной функции остатков

График наблюдаемых, сглаженных (в том числе прогнозных) значений среднедушевых доходов населения Оренбургской области и остатков модели экспоненциального сглаживания приведен на рисунке 3.60:

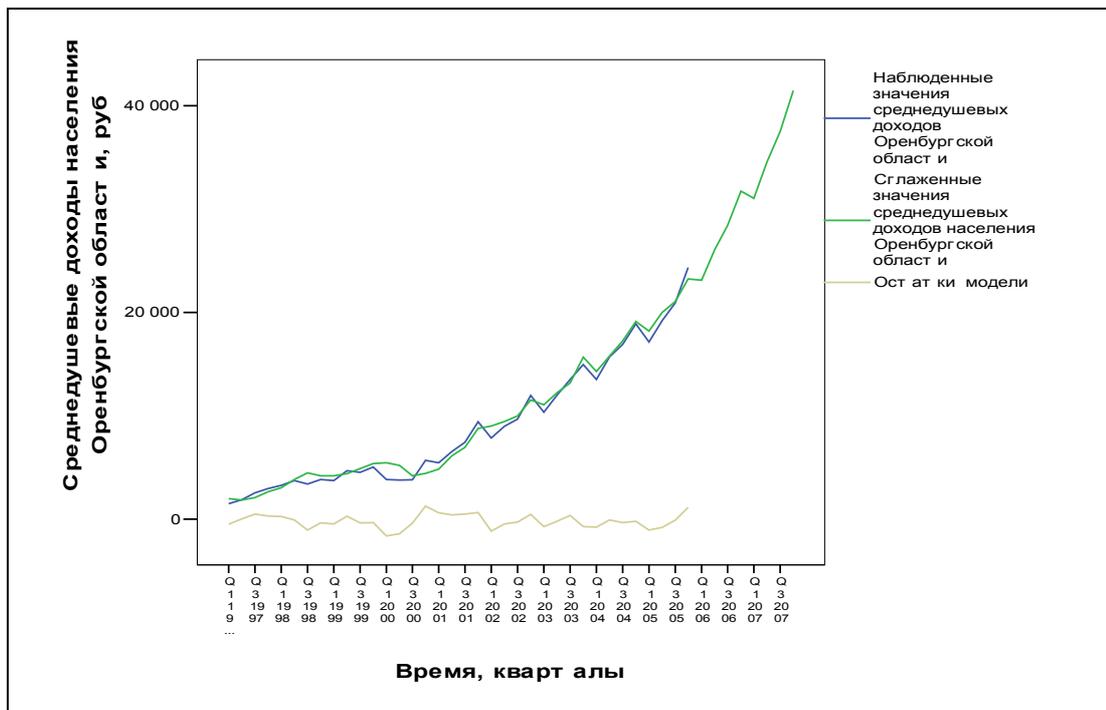


Рисунок 3.60 - График наблюдаемых, сглаженных (в том числе прогнозных) значений среднедушевых доходов населения Оренбургской области и остатков модели экспоненциального сглаживания

Прогнозные значения среднедушевых доходов населения Оренбургской области приведены на рисунке 3.61:

	y	YEAR	QUARTER	DATE	FIT 1	ERR 1
36	24359,90	2005	4	Q4 2005	23227,45249	1132,44751
37	.	2006	1	Q1 2006	23120,49459	.
38	.	2006	2	Q2 2006	26066,80840	.
39	.	2006	3	Q3 2006	28410,23084	.
40	.	2006	4	Q4 2006	31742,77276	.
41	.	2007	1	Q1 2007	31050,35017	.
42	.	2007	2	Q2 2007	34558,12229	.
43	.	2007	3	Q3 2007	37502,75604	.
44	.	2007	4	Q4 2007	41479,07689	.
45						
46						
47						

Рисунок 3.61 - Результаты прогнозирования среднедушевых доходов населения Оренбургской области методом экспоненциального сглаживания

Оценка модели экспоненциального роста с аддитивной сезонностью выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} \hat{y}_t &= \hat{f}_t + \hat{g}_t \\ \hat{f}_t &= 0,64(y_t - \hat{g}_{t-4}) + 0,44\hat{f}_{t-1} + 0,94\hat{r}_{t-1} \\ \hat{g}_t &= 0,954(y_t - \hat{f}_t) + 0,054\hat{g}_{t-4} \quad , \quad \text{где } t = 4, \dots, T \\ \hat{r}_t &= 0,14\frac{\hat{f}_t}{\hat{f}_{t-1}} + 0,94\hat{r}_{t-1} \end{aligned}$$

Согласно прогнозу в четвертом квартале 2007 г среднедушевые денежные доходы населения Оренбургской области составят 41479,08 руб.

Посмотрим, как будет согласовываться с данными модель линейного тренда с аддитивной сезонностью. После автоматического поиска параметров сглаживания по сетке с шагом 0,05 были найдены оптимальные значения параметров (alpha = 0,65, gamma = 0,35 и delta = 1), при которых остаточная сумма квадратов составила 16625809 – меньше, чем минимальная сумма квадратов для моделей с экспоненциальным ростом.

График квантиль-квантиль остатков модели приведен на рисунке 3.62:

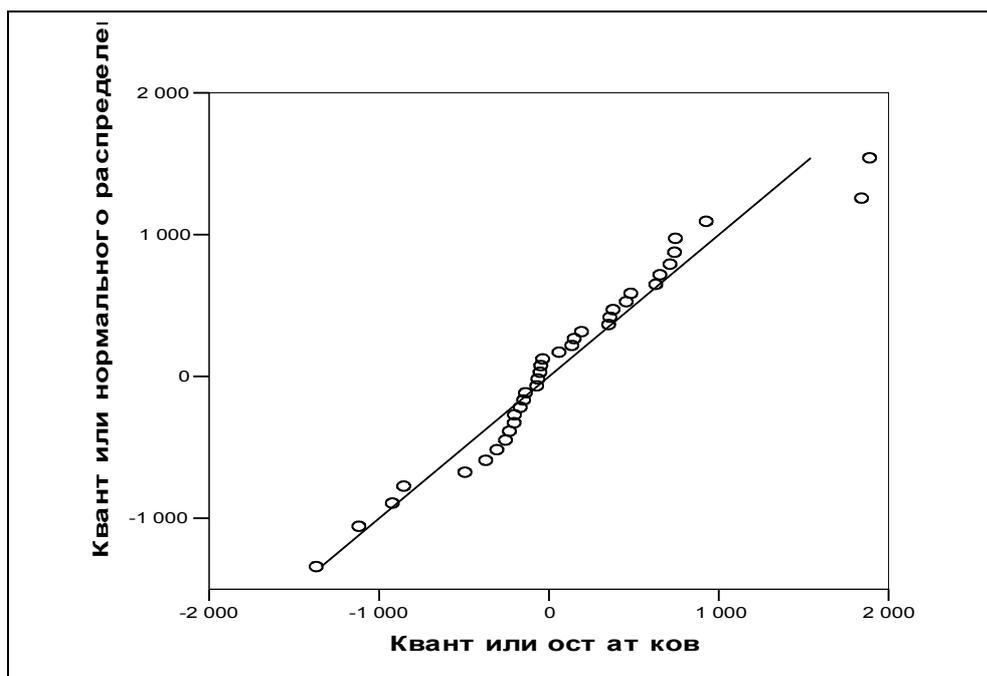


Рисунок 3.62 - Проверка нормального характера распределения остатков с помощью графика квантиль-квантиль

Графики автокорреляционной и частной автокорреляционной функций приведены на рисунках 3.63 и 3.64.

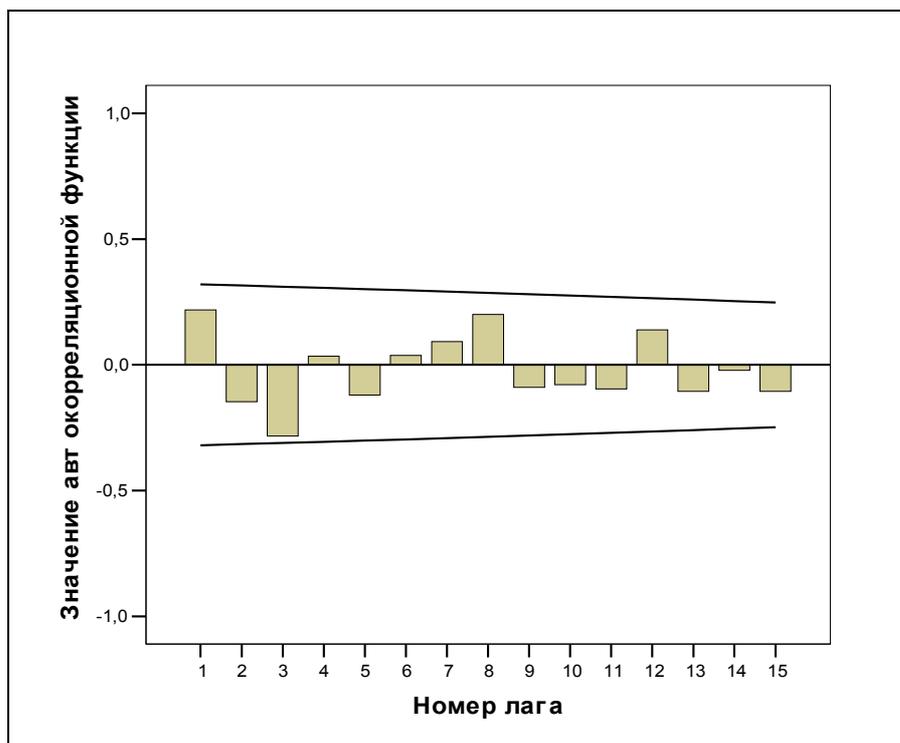


Рисунок 3.63 - Оценка автокорреляционной функции остатков

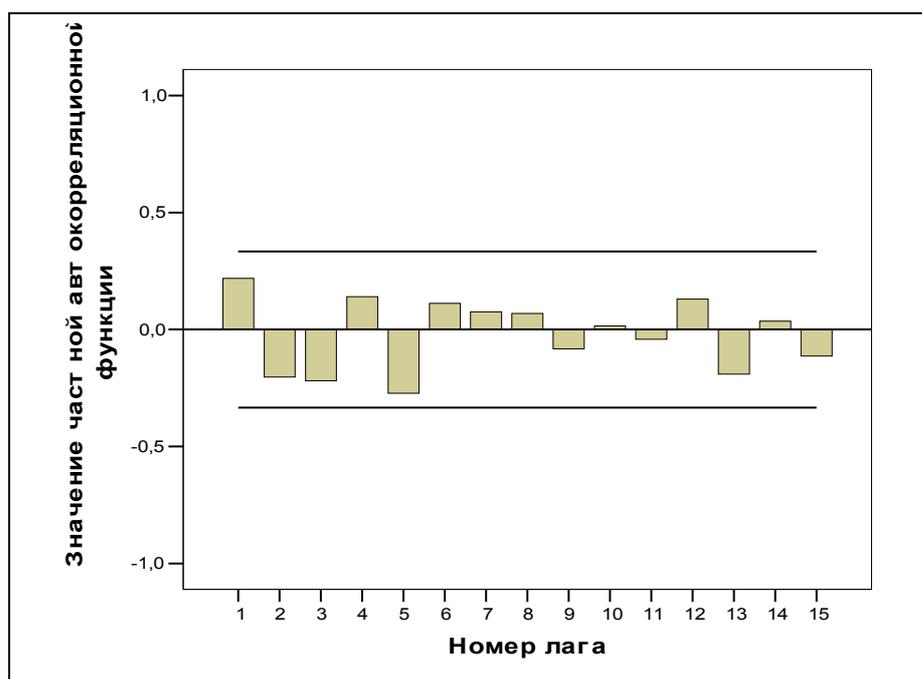


Рисунок 3.64 - Оценка частной автокорреляционной функции остатков

График наблюдаемых, сглаженных (в том числе прогнозных) значений среднедушевых доходов населения Оренбургской области и остатков модели экспоненциального сглаживания приведен на рисунке 3.65:

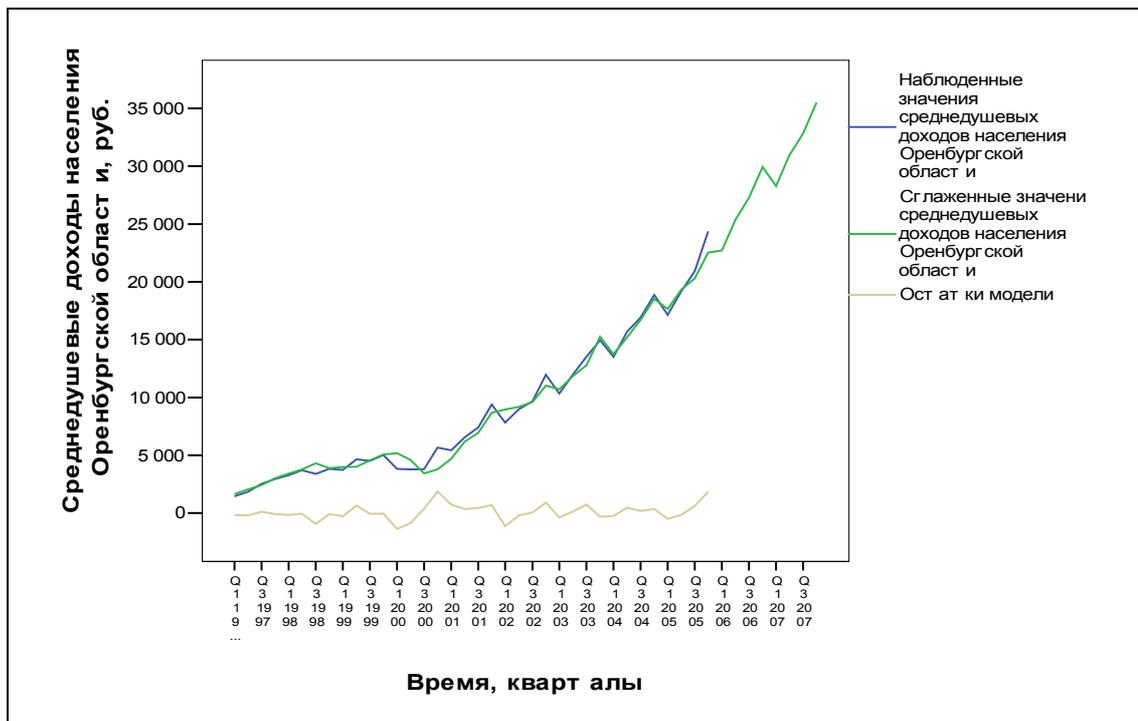


Рисунок 3.65 – График наблюдаемых, сглаженных (в том числе прогнозных) значений среднедушевых доходов населения Оренбургской области и остатков модели экспоненциального сглаживания

Прогнозные значения среднедушевых доходов населения Оренбургской области приведены на рисунке 3.66:

47 : FIT_1

	y	YEAR	QUARTER	DATE	FIT 1	ERR_1
34	19183,50	2005	2	Q2 2005	19321,90187	-138,40187
35	20920,70	2005	3	Q3 2005	20292,04836	628,65164
36	24359,90	2005	4	Q4 2005	22519,93573	1839,96427
37	.	2006	1	Q1 2006	22720,83829	.
38	.	2006	2	Q2 2006	25378,12320	.
39	.	2006	3	Q3 2006	27268,30975	.
40	.	2006	4	Q4 2006	29930,12485	.
41	.	2007	1	Q1 2007	28291,06313	.
42	.	2007	2	Q2 2007	30948,34804	.
43	.	2007	3	Q3 2007	32838,53460	.
44	.	2007	4	Q4 2007	35500,34969	.

SPSS Processor is ready

Рисунок 3.66 - Результаты прогнозирования среднедушевых доходов населения Оренбургской области методом экспоненциального сглаживания

Оценка модели линейного роста с аддитивной сезонностью имеет вид:

$$\begin{aligned} \hat{y}_t &= \hat{f}_t + \hat{g}_t \\ \hat{f}_t &= 0,654(y_t - \hat{g}_{t-4}) + 0,354(\hat{f}_{t-1} + \hat{c}_{t-1}) \\ \hat{g}_t &= y_t - \hat{f}_t \\ \hat{c}_t &= 0,354(\hat{f}_t - \hat{f}_{t-1}) + 0,654\hat{c}_{t-1} \end{aligned}, \quad \text{где } t = 4, \dots, T$$

Согласно прогнозу в четвертом квартале 2007 г среднедушевые денежные доходы населения Оренбургской области составят 35500,35 руб.

Таким образом, в результате проведения экспоненциального сглаживания получили две модели, хорошо согласующиеся с исходными данными. Прогноз, даваемый моделью с экспоненциальным ростом, выше прогноза по модели с линейным ростом. Задача окончательного прогноза может быть решена за счет использования экспертной информации о наиболее вероятном характере поведения исследуемого явления (то есть при наличии ответа на вопрос о сохранении или нет ускоряющейся, экспоненциальной тенденции роста) или за счет построения обобщенного прогноза.

4 Содержание письменного отчета

Отчет должен быть оформлен на листах формата А4 с титульным листом, оформленным соответствующим образом и содержать следующее:

- 1 постановку задачи с вариантом выборов;
- 2 краткое изложение теории по экспоненциальному сглаживанию;
- 3 результаты компьютерной обработки данных;
- 4 анализ полученных результатов;
- 5 выводы по полученным результатам.

5 Вопросы к защите

- 1 В чем суть и назначение адаптивных моделей прогнозирования?
- 2 Перечислите преимущества адаптивных моделей при краткосрочном прогнозировании.
- 3 Перечислите простейшие адаптивные модели и их свойства.
- 4 Как выбираются начальные условия экспоненциального сглаживания.
- 5 Укажите методы выбора постоянных сглаживания.
- 6 В чем назначение следящего контрольного сигнала?
- 7 Дайте общую характеристику моделей линейного роста.
- 8 Перечислите и охарактеризуйте адаптивные полиномиальные модели.
- 9 Перечислите свойства полиномиальных моделей.
- 10 Охарактеризуйте обобщенную модель Брауна.
- 11 Дайте общую характеристику сезонных адаптивных моделей.
- 12 Охарактеризуйте модель Уинтерса с мультипликативной сезонностью и линейным ростом.
- 13 Охарактеризуйте аддитивную модель сезонных явлений Тейла-Вейджа.
- 14 Каким образом следящий контрольный сигнал может быть использован для автоматического регулирования параметра адаптации модели?

Список использованных источников

- 1 **Айвазян С.А.** Прикладная статистика и основы эконометрики. учебник для ВУЗов / С. А. Айвазян, В. С. Мхитарян. – М.: ЮНИТИ, 1998. – 1022 с. - ISBN 5-238-00304-8
- 2 **Дуброва Т.А.** Статистические методы прогнозирования: учебно–практическое пособие / Т. А. Дуброва– М. : МГУ экономики, статистики и информатики, 1998. – 92 с. - (Система дистанционного образования).
- 3 **Лукашин Ю.П.** Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов: учеб. пособие для вузов / Ю. П. Лукашин. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 416 с.: ил.-ISBN 5-279-02740-5

Приложение А (Обязательное)

Исходные данные для анализа

Таблица А.1 – Выборочные данные по курсам ценных бумаг

Кварталы	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10
I 1997	37,26	17,92	48,73	17,69	5	73,20	73,20	239	239,11	22,06
II 1997	73,11	32,58	84,55	30,95	24	93,77	60,00	258	232,83	34,16
III 1997	38,93	51,36	45,76	33,72	60	99,17	46,50	280	210,83	32,29
IV 1997	70,39	113,09	60,38	32,16	32	64,40	70,20	262	262,04	-29,99
I 1998	10,99	137,24	35,70	93,02	53	123,83	54,40	274	227,14	2,23
II 1998	66,99	151,01	87,01	86,57	97	64,98	52,00	329	245,74	-0,14
III 1998	64,81	157,07	85,94	101,94	137	150,11	49,10	353	233,99	-1,09
IV 1998	107,93	236,49	143,51	118,75	118	110,68	76,00	276	237,94	20,97
I 1999	45,85	223,48	33,28	106,07	113	113,11	63,20	382	233,33	6,43
II 1999	99,16	282,30	133,64	124,24	137	110,92	57,90	437	234,13	13,29
III 1999	87,87	284,93	112,82	125,72	158	72,66	72,66	400	315,21	10,61
IV 1999	88,45	328,65	72,74	126,31	126	95,85	91,20	297	212,45	1,20
I 2000	63,85	406,55	103,65	134,17	134	119,01	78,90	440	211,86	14,68
II 2000	105,66	367,87	124,23	157,67	157	114,24	72,80	500	266,59	4,43
III 2000	105,62	370,08	124,49	173,40	189	120,64	66,70	445	249,84	-4,29
IV 2000	129,29	430,08	170,27	158,34	158	86,98	100,00	413	295,14	-28,64
I 2001	132,70	395,57	161,13	230,67	211	135,56	89,50	492	249,39	15,39
II 2001	137,93	428,27	181,21	235,01	253	132,91	72,80	532	292,30	-23,44
III 2001	137,84	490,12	150,95	213,47	263	121,16	93,90	492	262,41	5,84
IV 2001	158,59	502,39	197,75	285,03	240	112,34	112,34	450	311,71	30,60
I 2002	154,43	528,37	176,88	199,19	284	119,13	102,60	468	272,09	46,37
II 2002	174,30	592,22	199,82	268,18	316	126,83	86,80	524	256,52	24,95
III 2002	183,70	594,53	244,20	287,37	316	102,94	102,94	605	286,45	-0,86
IV 2002	162,16	599,75	189,02	292,67	292	112,14	128,90	497	272,77	28,89
I 2003	191,31	625,82	208,40	307,94	307	138,96	111,40	445	260,80	28,40
II 2003	226,16	681,13	211,19	310,86	353	103,24	93,00	504	316,45	31,72
III 2003	262,08	731,02	258,91	347,52	397	160,03	116,70	562	303,12	31,21
IV 2003	291,44	694,18	321,57	355,10	355	138,28	138,28	454	355,63	23,02
I 2004	272,92	745,36	293,26	357,05	380	98,78	116,00	457	354,30	12,64
II 2004	302,23	790,22	333,60	348,87	426	149,00	104,00	510	380,25	13,69
III 2004	323,66	772,85	283,81	389,70	460	124,27	124,27	467	362,29	-4,33
IV 2004	382,30	869,02	375,38	383,26	383	148,74	148,74	424	402,19	13,62
I 2005	377,94	871,44	363,82	402,61	413	142,25	93,00	516	368,14	46,50
II 2005	409,12	878,85	404,27	432,87	460	170,11	86,80	537	375,11	10,23
III 2005	418,23	898,02	434,47	432,19	480	157,76	104,00	494	403,62	-5,08
IV 2005	475,85	932,06	482,71	426,01	426	133,88	153,50	446	446,38	-4,35
I 2006	452,06	938,44	479,89	468,04	468	154,38	124,60	494	407,30	13,92
II 2006	528,85	944,70	542,70	470,03	505	141,17	100,00	553	431,81	13,03
III 2006	561,82	1013,30	589,11	483,11	555	158,00	136,80	574	502,04	78,10
IV 2006	582,46	1052,46	607,87	495,30	495	178,50	185,10	487	487,48	11,39

Таблица А.2 – Выборочные данные по основным социально-экономическим показателям Оренбургской области

месяцы	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
янв.99	925,1	134,5	9526	9394	10892	4516	2,4	900,2	728,8	3244
фев.99	926	136	9385	9277	10772	1509	2,4	920	780,6	3380
мар.99	925,8	134,9	8780	8687	9693	4937	2	1085,2	932,1	3308
апр.99	928,7	133,6	8046	7955	8976	5795	1,5	1124,4	911	3208
май.99	930,5	131	6980	6904	7943	6458	1,2	1254,3	909,3	2730
июн.99	926,2	128	6174	6073	7095	7207	1	1386,6	1110	3268
июл.99	930,9	125,1	5510	5345	6621	7808	0,8	1307,1	1076	3694
авг.99	934,5	122,5	5354	4932	6278	7662	0,8	1346	1108,2	3843
сен.99	932,8	119,8	4819	4459	5704	7715	0,7	1455,4	1130	4363
окт.99	930,4	117,4	4611	4207	5545	7243	0,8	1418,2	1177,9	4790
ноя.99	926,8	115,5	4471	4054	5558	6310	0,9	1509,7	1330,8	4147
дек.99	926,6	114,1	4686	4294	5688	6068	0,9	1858,2	1692,3	3703
янв.00	982,4	112,2	4440	4063	5801	6667	0,9	1484,4	952,8	2946
фев.00	985	111,2	4514	4147	5851	6697	0,9	1522,6	1200,8	3108
мар.00	988,7	110,2	4417	4057	5443	7802	0,7	1866,1	1309,7	3034
апр.00	992,7	109	4031	3677	5157	9656	0,5	1676,8	1285,4	2999
май.00	998,7	108	3672	3220	4710	11448	0,4	1775,7	1278,8	2789
июн.00	1001	107,4	3574	3099	4767	12962	0,4	1950,5	1379,3	2823
июл.00	1003,1	106,7	3797	3392	4997	12094	0,4	1948,7	1345,3	3398
авг.00	1009,2	106,1	3891	3508	4868	13242	0,4	2018,3	1433,1	3582
сен.00	1006,8	105,6	3696	3346	4724	12819	0,4	2085	1439,5	4138
окт.00	1003,2	105,3	3701	3370	4835	11933	0,4	2118	1499,1	4191
ноя.00	998,8	104,9	3648	3290	4914	10441	0,5	2129,3	1588,8	3614
дек.00	998,1	94,9	3921	3538	4616	9324	0,5	2595,6	2140,5	3081
янв.01	996,9	95,2	4005	3403	5135	9082	0,6	2152,9	1339,8	2594
фев.01	996,2	95,8	4298	3618	5394	8941	0,6	2153,7	1508,6	2745
мар.01	995,2	96,7	4621	3787	5572	9490	0,6	2467,4	1724,1	2753
апр.01	995,9	98,5	4766	3773	5762	10644	0,5	2376,7	1789,1	2482
май.01	1018,5	99,1	4701	3813	5920	11797	0,5	2455,3	1711,7	2465
июн.01	1013,6	99,3	4755	3775	5894	12310	0,5	2585,6	1883,6	2557
июл.01	1016,6	106	5201	4430	6441	13079	0,5	2670,4	1838,3	3030
авг.01	1019,7	105,3	5219	4597	6388	13014	0,5	2734,8	2081,8	3284
сен.01	1020,9	105,3	5260	4639	6336	13421	0,5	2706,3	2067,9	3776
окт.01	1014,4	95,3	5315	4765	6493	12395	0,5	2672,4	2045,2	3901
ноя.01	1012,7	96,8	5497	4914	6621	10469	0,6	2662,3	2100,8	3216
дек.01	1011,1	94	5627	5080	6447	9347	0,7	3405,8	2548,7	2922
янв.02	1013,4	94,5	6013	5371	7212	8879	0,8	2914,7	1806,4	2569
фев.02	1003,1	92,1	6423	5756	7690	8760	0,9	3000,2	2044	2449
мар.02	1003,4	92	6727	5888	7742	9725	0,8	3072,7	2247,6	2394
апр.02	1000,9	92,2	6745	5863	7641	10593	0,7	3144,4	2532,9	2426
май.02	1008,9	90,1	6650	5713	7627	11817	0,6	3211,4	2153,3	2192
июн.02	1006,3	89,3	6427	5612	7248	13297	0,5	3438,3	2381,4	2285
июл.02	1004,5	88,2	6449	5628	7634	13872	0,6	3476,1	2551,3	3016
авг.02	1006,3	87,3	6674	5875	7830	14022	0,6	3458,6	2588,3	2987
сен.02	1003,9	86,7	6659	5835	7851	14001	0,6	3493,9	2446,8	3496

Продолжение таблицы А.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
окт.02	992,5	90,3	6612	5687	7912	12482	0,6	3490	2628,3	3686
ноя.02	986,5	91,5	7063	6040	8182	11062	0,7	3433,3	2732,3	3085
дек.02	989,3	91	7580	6701	8503	9841	0,9	4063,4	3204,7	2732
январь.03	969,4	92,8	7834	6976	9318	7058	0,8	3568,9	2503,9	2638
фев.03	969,8	92,7	8158	7129	9500	8349	1	3621,6	2612,6	2336
мар.03	972,8	90,7	8032	7152	9173	7886	1,2	3680,9	2716,2	2406
апр.03	966,7	92,8	7930	7125	9007	8721	1	3703,9	2973,8	2582
май.03	964,9	92,8	7250	6476	8342	9865	0,8	3768,1	2824,9	2213
июнь.03	963,6	94,9	6720	5868	7748	10051	0,8	3967,8	2988,5	2296
июль.03	962,8	96,1	6639	5769	7893	10215	0,8	4249,6	3143,5	3244
авг.03	965,2	94,7	6713	5848	7860	9903	0,8	4229,3	3198,2	3269
сентябрь.03	961,3	91,3	6560	5699	7814	10631	0,7	4237,9	3237,5	3527
окт.03	959,2	90,1	6577	5710	7771	9689	0,8	4585,9	3448,5	3729
ноя.03	955,2	93,4	6690	5976	7952	8521	0,9	4520,2	3409,3	3230
дек.03	950,6	93,8	7060	636	7935	7741	1	5464,2	4162,6	3036
январь.04	945,4	94,2	7032	6288	8286	7068	1,2	4404,1	3093	2707
фев.04	944,8	94,9	7222	6891	8492	6519	1,3	4631,6	3135,2	2623
мар.04	945,5	95,2	7293	7061	8656	7106	1,2	4682,7	3330,9	2639
апр.04	943,5	99,3	7171	6896	8573	7524	1,1	4740,9	3562,4	2570
май.04	944,1	102	6583	6341	7752	8242	0,9	4864	3204,3	2222
июнь.04	938,4	104,2	6208	6002	7196	9220	0,8	5297,7	3646,9	2343
июль.04	937,8	106,2	6290	6071	7393	8313	0,9	5353,7	3668,1	2845
авг.04	935,6	109,8	6373	6137	7496	9391	0,8	5345,5	3638,8	2829
сентябрь.04	929,4	110,2	6312	6047	7583	9246	0,8	5346,4	4213,7	3509
окт.04	927,3	110,6	6505	6226	7581	8268	0,9	5284	4397,7	3573
ноя.04	922,7	110,9	7192	6933	8399	7071	1,2	5294,5	4311,9	3080
дек.04	-	-	7957	7666	8680	6033	1,4	-	5541,1	-

- х1 - численность занятого в экономике населения, тыс.человек;
х2 - общая численность безработных (на конец периода), тыс.человек;
х3 - численность официально зарегистрированных в службе занятости безработных (на конец периода), тыс.человек;
х4 - из них получают пособие по безработице;
х5 - численность граждан, незанятых трудовой деятельностью, состоящих в службе занятости, человек;
х6 - потребность предприятия в работниках, заявленная в службу занятости, человек;
х7 - нагрузка незанятого населения на одну заявленную вакансию;
х8 - номинальная среднемесячная зарплата на 1 работника, руб.;;
х9 - среднемесячные денежные доходы в расчете на душу населения, тыс.рублей;
х10 - число выбывших, человек.