

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич  
Должность: ректор  
Дата подписания: 10.09.2025 13:54:02  
Уникальный программный ключ:  
9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be730df2374d16f3c0ce536f0fc6

МИНОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ

Юго-Западный государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

И.о. заведующего кафедрой  
электроэнергетики и электротехники

 И.В. Ворончева

«24» июня 2025г.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА  
для текущего контроля успеваемости  
и промежуточного контроля успеваемости  
по дисциплине

Моделирование и проектирование электроэнергетических процессов  
(наименование дисциплины)

ОПОВО\_13.03.02\_Электроэнергетика и электротехника  
(код и наименование ОПОПВО)

Курск 2025

# 1 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ

## 1.1 ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ

### **Раздел (тема) дисциплины №1: Моделирование при решении инженерных задач.**

1. Классификация моделей.
2. Переменные в математических моделях.
3. Адекватность и эффективность математических моделей.
4. Свойства объектов моделирования.
5. Математические модели на микроуровне.
6. Моделирование на макроуровне.
7. Моделирование на метауровне.
8. Математические модели линий электропередачи.

### **Раздел (тема) дисциплины №2: Теоретические основы имитационного моделирования**

9. Основные этапы имитационного моделирования и его виды.
10. Имитационная модель.
11. Структура имитационного моделирования.
12. Виды имитационного моделирования.
13. Метод Монте-Карло (метод статистических испытаний).
14. Имитационное моделирование в задачах электроэнергетики

### **Раздел (тема) дисциплины №3: Введение в эконометрику. Корреляционно-регрессионный анализ**

15. Этапы построения и использования эконометрических моделей.
16. Выбор вида модели и оценка.
17. Функциональные и стохастические связи.
18. Корреляция. Коэффициенты корреляции.
19. Регрессия. Виды регрессии.
20. Корреляционно-регрессионный анализ
21. Спецификация модели.
22. Метод наименьших квадратов (МНК).
23. Линеаризация нелинейных уравнений парной регрессии.
24. Использование метода МНК для нахождения нелинейных уравнений регрессии.
25. Оценка значимости уравнения регрессии и его коэффициентов.
26. Прогноз значений результативного признака по уравнению регрессии

### **Раздел (тема) дисциплины №4: Анализ временных рядов**

27. Факторы, формирующие тенденцию ряда, факторы, формирующие циклические колебания ряда, случайные факторы.
28. Автокорреляция уровней временного ряда и выявление его структуры.
29. Моделирование сезонных и циклических колебаний.
30. Изучение взаимосвязей по временным рядам.
31. Коинтеграция временных рядов.
32. Прогнозирование уровней временного ряда на основе кривых роста

### **Раздел (тема) дисциплины №5: Практика эконометрических исследований**

33. Требования, предъявляемые к программному обеспечению, применяемому в эконометрических исследованиях.
34. Электронные таблицы Excel.
35. Эконометрические программные пакеты.
36. Построение пространственных моделей множественной регрессии. Построение моделей временных рядов

#### Критерии оценки:

- 2 балла выставляется обучающемуся, если ответ полный;
- 1 балл выставляется обучающемуся, если 50% вопроса отвечено верно;
- 0 баллов выставляется обучающемуся, если ответ неверный;

## 2.2 КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАЧИ

### Кейс задачи

#### Задача №1 «Задача оптимального использования ресурсов»

Фабрика имеет в своем распоряжении определенное количество ресурсов: рабочую силу, сырье и оборудование, производственные площади и т.п. Допустим, например, ресурсы трех видов: рабочая сила, сырье и оборудование – имеются в количестве соответственно 80(чел./дней), 480(кг) и 130 (станко/час). Фабрика может выпускать ковры четырех видов. Информация о количестве единиц каждого ресурса, необходимых для производства одного ковра каждого вида и доходах, получаемых предприятием от единицы каждого вида товаров, приведена в таблице.

Ресурсы	Нормы ресурсов на единицу изделия				Наличие ресурсов
	Ковер «Лужайка»	Ковер «Силуэт»	Ковер «Детский»	Ковер «Дымка»	
Труд	7	2	2	6	80
Сырье	5	8	4	3	480
Оборудование	2	4	1	8	130
Цена (тыс.руб.)	3	4	3	1	

Требуется найти такой план выпуска продукции, при котором будет максимальной общая стоимость продукции.

#### Формализации задачи

Обозначим через  $X_1, X_2, X_3, X_4$  количество ковров каждого вида. Тогда прибыль, которую может получить предприятие, составит:

$$F(x) = 3X_1 + 4X_2 + 3X_3 + X_4$$

Необходимо найти такие  $X_1, X_2, X_3, X_4$  при которых  $F(x)$  достигнет максимума.

Выражение, которое необходимо максимизировать или минимизировать называют целевой функцией.

*Установка границ оптимизируемой системы:*

Предприятие имеет ограниченные ресурсы, которые невозможно превысить.

$7X_1 + 2X_2 + 2X_3 + 6X_4 \leq 80$  – ограничение на трудовые ресурсы  
 $5X_1 + 8X_2 + 4X_3 + 3X_4 \leq 480$  – ограничение на сырьевые ресурсы

$2X_1 + 4X_2 + X_3 + 8X_4 = 130$  – ограничение на ресурсы оборудования Найденное решение должно быть неотрицательным.

**Решение:**

Допустим, что предприятие выпускает по одному ковроу каждого вида. 1. На рабочем листе Microsoft Excel создайте следующую таблицу

	A	B	C	D	E	F	G
		Ковер «Лужайка»	Ковер «Силуэт»	Ковер «Детский»	Ковер «Дымка»		
	кол-во	1	1	1	1		
	цена	3	4	3	1		
	Целевая функция						
		ресурсы				расчетное кол-во ресурсов	Наличие ресурсов
	труд	7	2	2	6		80
	сырье	5	8	4	3		480
	оборудовани е	2	4	1	8		130

2. В ячейку B4 введем целевую функцию:

$$=B3*B2+C3*C2+D3*D2+E3*E2$$

- Мы узнаем, какой доход получит предприятие, если произведет по одному ковроу каждого вида.

3. Рассчитаем количество ресурсов, которые будут затрачены, если предприятие произведет по одной единице, каждой продукции. Запишем в F6 затраты труда, определив их формулой:

$$=B6*\$B\$2+C6*\$C\$2+D6*\$D\$2+E6*\$E\$2$$

В F7 затраты сырья, определив их формулой:

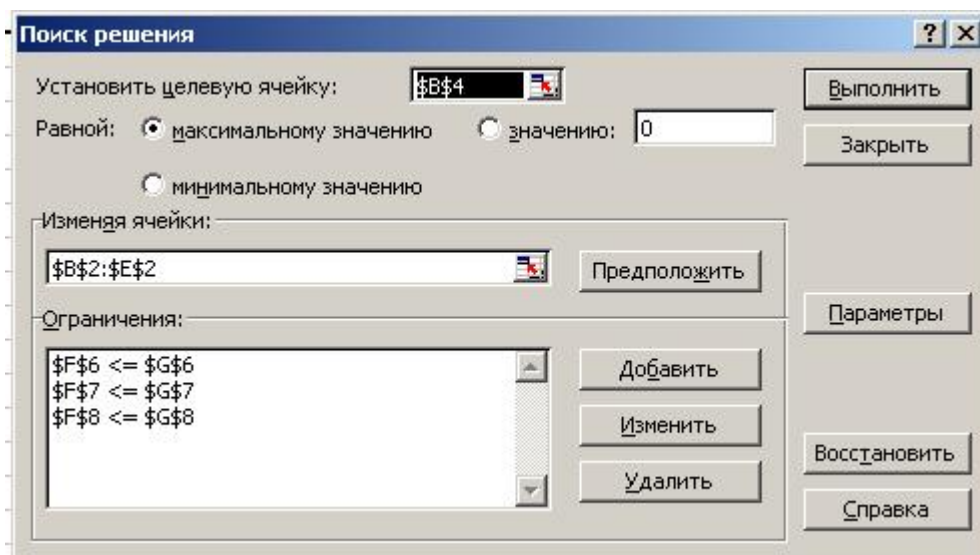
$$=B7*\$B\$2+C7*\$C\$2+D7*\$D\$2+E7*\$E\$2$$

В F8 использование ресурсов оборудования, определив их формулой:

$$=B8*BS2+C8*CS2+D8*DS2+E8*ES2$$

3. Выделите ячейку с формулой целевой функции B4 и выполните команду Данные/Поиск решения.

В диалоговом окне **Поиск Решения** разместим условие задачи

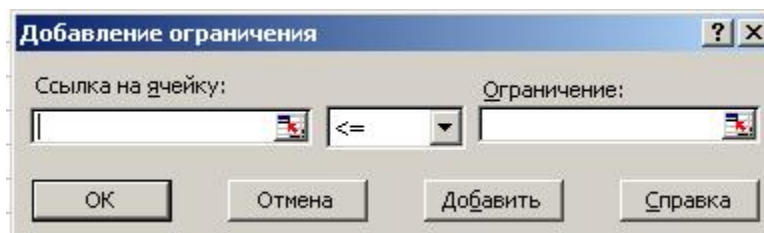


В поле «установить ячейку» введем адрес \$B\$4

В группе переключателей выберем для целевой ячейки «максимальному значению».

В поле «изменяя ячейки» с помощью мыши или клавиатуры введем адреса изменяемых ячеек.

Щелкнув по кнопке Добавить, вызовем окно диалога «Добавление ограничения»



Установим первое ограничение, для чего введем ссылку на ячейку \$F\$6, выберем оператор <=, укажем адрес \$G\$6 в ограничение. Далее щелкнем по кнопке Добавить и введем следующее ограничение. После ввода всех ограничений нажмем ОК.

Щелкнем кнопку Параметры и для настройки итерационного цикла, а также ускорения поиска включим параметры: *линейная модель, неотрицательные значения*. Остальные параметры оставим по умолчанию.

Нажмем кнопку Выполнить – и программа выведет результаты решения: Максимальная прибыль равна 150. При это будет необходимо произвести 30 ковров «Силуэт» и 10 ковров «Детский». Кроме этого на экран будет выведено диалоговое окно *Результаты решения*, в котором EXCEL сообщит, что все условия оптимальности выполнены и решение найдено. В

этом же окне будет предложено сохранить найденное решение.

### Задачи для самостоятельного решения Задача №1

На заводе выпускают изделия четырех типов. От реализации 1 ед. каждого изделия получает прибыль соответственно 2, 1, 3, 5 д.е. на изготовление изделий расходуются ресурсы трех типов: энергия, материалы, труд. Данные о технологическом процессе приведены в таблице

Ресурсы	Затраты ресурсов на единицу изделия				Запасы ресурсов, ед.
	I	II	III	IV	
Энергия	2	3	1	2	30
Материалы	4	2	1	2	40
Труд	1	2	3	1	25
Цена (тыс.руб.)	2	1	3	5	

Спланируйте производство изделий так, чтобы прибыль от реализации была наибольшей.

### Задача №2

Предприятие должно выпускать два вида продукции - А и В, используя при этом последовательно четыре станка. Данные о технологическом процессе указаны в следующей таблице:

Станок	Трудоемкость на 1 ед. продукции		Фонд времени, час
	А	В	
1	3	3	15
2	2	6	18
3	4	0	16
4	1	2	8
Прибыль на 1 ед. продукции	2	3	

Спланируйте производство изделий так, чтобы прибыль от реализации была наибольшей.

### Задача №3

Из трех продуктов I, II, III составляется смесь. В состав смеси должно входить не менее 6 ед. химического вещества А, 8 ед. – вещества В и не менее 12 ед. вещества С. Структура смеси приведена в следующей таблице:

Продукт	Содержание химического вещества в 1 ед. продукции			Стоимость 1 ед. продукции
	А	В	С	
I	2	1	3	2
II	1	2	4	3
III	3	1.5	2	2.5

Составьте наиболее дешевую смесь.

### Задача №4

При откорме каждое животное должно получить не менее 9 ед. белков, 8 ед. углеводов и 11 ед. протеина. Для составления рациона используют два вида корма, представленных в следующей таблице:

Питательные вещества	Количество единиц питательных веществ на 1кг	
	Корма 1	Корма 2
Белки	3	1
Углеводы	1	2
Протеина	1	6

Стоимость 1 кг корма первого вида – 4 д.е., второго – 6 д.е.

Составьте дневной рацион питания, имеющий минимальную стоимость.

### *Транспортная задача.*

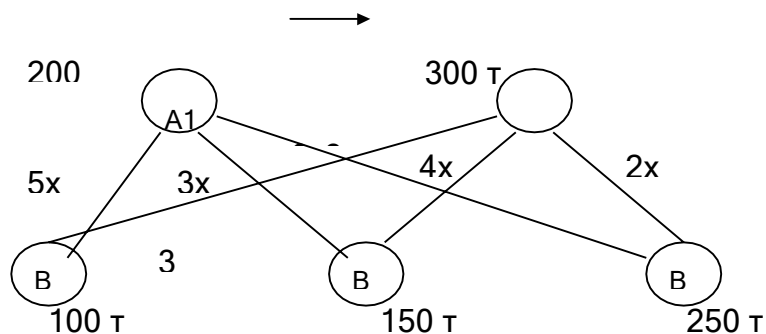
Имеются два склада готовой продукции:  $A_1$  и  $A_2$  с запасами однородного груза 200 и 300т. Этот груз необходимо доставить трем потребителям:  $B_1$ ,  $B_2$  и  $B_3$  в количестве 100, 150, 250т соответственно. Стоимость перевозки 1т груза со склада  $A_1$  потребителям  $B_1$ ,  $B_2$  и  $B_3$  равна 5,3,6 д.е., а из склада  $A_2$  тем же потребителям – 3,4,2, д.е. соответственно. Составьте план перевозок, минимизирующий суммарные транспортные расходы.

### *Решение:*

Обозначим за  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  – количество тонн груза, которое надо перевести со склада  $A_1$  каждому потребителю. Обозначим за  $X_4$ ,  $X_5$ ,  $X_6$

– количество тонн груза, которое надо перевести со склада А2 тем же потребителям. Тогда транспортные расходы можно выразить функцией:

$$F(x) = 5x_1 + 3x_2 + 6x_3 + 3x_4 + 4x_5 + 2x_6 \quad \min$$



Ограничения:  $x_1 + x_2 + x_3 \leq 200$   
 $x_4 + x_5 + x_6 \leq 300$   
 $x_1 + x_4 \geq 100$   
 $x_2 + x_5 \geq 150$   
 $x_3 + x_6 \geq 250$

### Вариант 1.

#### Контрольные задачи

1. Имеются два элеватора, в которых сосредоточено соответственно 4000 и 1500 тонн зерна. Зерно необходимо перевезти трем хлебозаводам в количестве 1000, 2000 и 1500 тонн каждому. Расстояние от элеватора до хлебозаводов указано в следующей таблице

Элеваторы	Хлебозаводы		
	1	2	3
1	20	30	20
2	50	40	40

Затраты на перевозку 1 тонны зерна на 1 км составляют 25 д.е. Спланируйте перевозки зерна из условия минимизации транспортных расходов.

2. Цех выпускает трансформаторы двух видов. Для изготовления трансформаторов обоих видов используются железо и проволока. Общий запас железа – 3 т, проволоки – 18 т. На один трансформатор первого вида расходуется 5 кг железа и 3 кг проволоки, а на один трансформатор второго вида расходуется 3 кг железа и 2 кг проволоки. За каждый реализованный трансформатор первого вида завод получает прибыль 3 д.е., второго – 4 д.е. Составьте план выпуска трансформаторов, обеспечивающий заводу максимальную прибыль.

### Вариант 2.

1. Компания производит полки для ванных комнат двух размеров -

А и В. Агенты по продаже считают, что в неделю на рынке может быть реализовано до 550 полок. Для каждой полки типа А требуется 2 м<sup>2</sup> материала, а для полки типа В - 3 м<sup>2</sup> материала. Компания может получить до 1200 м<sup>2</sup> материала в неделю. Для изготовления одной полки типа А требуется 12 мин машинного времени, а для изготовления одной полки типа В - 30 мин; машины можно использовать 160 ч в неделю. Если прибыль от продажи полок типа А составляет 3 дол., а от полок типа В - 4 дол., то сколько полок каждого типа следует выпускать в неделю?

2. В некоторой местности в двух пунктах А и В имеется потребность в дополнительном транспорте. В пункте А требуется 5 дополнительных автобусов, а в пункте В - 7. Известно, что 3, 4 и 5 автобусов могут быть получены соответственно из гаражей Г1, Г2, и Г3. Как следует распределить эти автобусы между пунктами А и В, чтобы минимизировать их суммарный пробег? Расстояния от гаражей до пунктов А и В приведены в таблице.

Гараж	Расстояние до пунктов	
	А	В
Г1	3	4
Г2	1	3
Г3	4	2

### Контрольные вопросы

1. Назначение оптимизационных задач.
2. Методика решения оптимизационных задач в Microsoft Excel.
3. Что такое формализация задачи?
4. Установка границ оптимизации системы.

### Критерии оценки:

- 12 баллов выставляется обучающемуся, если задание выполнено самостоятельно, без ошибок.
- 10 баллов выставляется обучающемуся, если задание выполнено самостоятельно, есть ошибки.
- 6 баллов выставляется обучающемуся, если задание выполнено с помощью преподавателя;
- 0 баллов выставляется обучающемуся, если задание не выполнено

Составитель \_\_\_\_\_ А.В. Филонович  
(подпись)

«    »

20 г.

### ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО

Постановка задачи. Корпорация занимается производством некоторых изделий. Для их производства необходимы детали (аккумуляторы), которые закупаются у поставщика. На основе прошлого опыта специалисты оценили, что спрос за 100 недель колеблется от 670 до 740 штук. Частота спроса на аккумуляторы показана в таблице 3.1.

Таблица 3.1. Частота спроса на аккумуляторы

Спрос в неделю	Частота
670	3
675	7
680	5
685	10
690	13
695	8
700	5
705	2
710	13
715	10
720	9
725	3
730	7
735	2
740	3

Начальный запас деталей составляет 1800 шт., причем администрация компании приняла решение о подачах заказов на партии деталей размером в 2500 шт. каждый раз, когда их запас опускается ниже уровня в 1300 шт. Изменение интервала времени между подачей заказа и осуществлением поставок представлено в таблице 3.2.

Таблица 3.2. Изменение интервала времени между подачей заказа и осуществлением поставок

Время поставки заказа, неделя	1	2	3	4
Вероятность	0,3	0,3	0,15	0,25

Единичная стоимость хранения запасов равна 50 коп. в неделю и рас-

считывается для общего размера запаса, оставшегося на конец недели. Стоимость заказа - 60 руб., а отсутствие аккумуляторов на складе оценивается в 30 руб. неделю.

Используя имитационную модель для периода в 24 недели, оценить среднюю недельную стоимость проведения изложенной выше политики. Все расчеты производятся в начале недели, а подача заказов и поставки по ним - в конце недели.

Решим задачу имитационного моделирования управления запасами методом Монте-Карло.

Решение. Построим функцию распределения величины объема продаж в неделю и интервалы случайных чисел для значений стохастической переменной. Соответствующие значения указаны в четвертом и пятом столбцах таблицы 3.3

Таблица 3.3. Параметры стохастической переменной объем спроса

Спрос в неделю	Частота	Вероятность	Значение функции распределения	Интервал случайных чисел
670	3	0,03	0,03	от 1 до 3
675	7	0,07	0,1	от 4 до 10
680	5	0,05	0,15	от 11 до 15
685	10	0,1	0,25	от 16 до 25
690	13	0,13	0,38	от 26 до 38
695	8	0,08	0,46	от 39 до 46
700	5	0,05	0,51	от 47 до 51
705	2	0,02	0,53	от 52 до 53
710	13	0,13	0,66	от 54 до 66
715	10	0,1	0,76	от 67 до 76
720	9	0,09	0,85	от 77 до 85
725	3	0,03	0,88	от 86 до 88
730	7	0,07	0,95	от 89 до 95
735	2	0,02	0,97	от 96 до 97
740	3	0,03	1	от 98 до 100
<b>Итого</b>	100	1		

Расчеты произведены с использованием табличного процессора MS Excel. Вид листа Excel с формулами представлен на рисунке 3.1.

А Спрос в неделю	В Частота	С Вероятность	D Значение функции распределения	E F G H Интервал случайных чисел			
				от		до	
2 670	3	=B2/\$B\$17	=C2	от	1	до	=D2*100
3 675	7	=B3/SBS17	=D2+C3	от	=H2+1	до	=D3*100
4 680	5	=B4 SBS17	=D3+C4	от	=H3+1	до	=D4*100
5 685	10	=B5/\$B\$17	=D4+C5	от	=H4+1	до	=D5*100
6 690	13	=B6 SBS17	=D5+C6	от	=H5+1	до	=D6*100
7 695	8	=B7/\$B\$17	=D6+C7	от	=H6+1	до	=D7*100
8 700	5	=B8 SBS17	=D7+C8	от	=H7+1	до	=D8*100
9 705	2	=B9 SBS17	=D8+C9	от	=H8+1	до	=D9*100
10 710	13	=B 10 SBS17	=D9+C10	от	=H9+1	до	=D10*100
11 715	10	=B11 SBS17	=D10+C11	от	=H10+1	до	=D11*100
12 720	9	=B 12/SBS17	=D11+C12	от	=H11+1	до	=D12*100
13 725	3	=B13 SBS17	=D12+C13	от	=H12+1	до	=D13*100
14 730	7	=B14 SBS17	=D13+C14	от	=H13+1	до	=D14*100
15 735	2	=B 15/SBS17	=D14+C15	от	=H14+1	до	=D15*100
16 740	3	=B16 SBS17	=D15+C16	от	=H15+1	до	=D16*100
17 Итого	=СУММ(B2:B16)	=СУММ(C2:C16)					

Рисунок 3.1. Вид листа Excel с расчетными формулами для определения параметров спроса

Аналогично построим функцию распределения и интервалы случайных чисел для времени выполнения поставок (таблица 3.4., рисунок 3.2.).

Таблица 3.4. Параметры стохастической переменной время поставок

Время поставок, мес.	Вероятность	Значение функции распределения	Интервал случайных чисел
1	0,3	0,3	от 1 до 30
2	0,3	0,6	от 31 до 60
3	0,15	0,75	от 61 до 75
4	0,25	1	от 76 до 100
<b>Итого</b>	1		

Рисунок 3.2. Вид листа Excel с расчетными формулами для определения стохастической переменной время поставок

J	K	L	M	N	O	P
Время поставок, мес.	Вероятность	Значение функции распределения	Интервал случайных чисел			
1	0,3	=K2	от	1	до	=L2*100
2	0,3	=L2+K3	от	=P2*1	до	=L3*100
3	0,15	=L3+K4	от	=P3+1	до	=L4*100
4	0,25	=L4+K5	от	=P4*1	до	=L5*100
<b>Итого</b>	=СУММ(K2X5)					

Процесс имитации реализуется в процессе выполнения четырех шагов:

1. Каждая имитируемая неделя начинается с проверки, поступил ли сделанный заказ. Если заказ выполнен, то текущий запас увеличивается на величину заказа (в данном случае — на 2500 шт.).

2. Путем выбора случайного числа генерируется недельный спрос для соответствующего распределения вероятностей.

3. Рассчитывается итоговый запас, равный исходному запасу за вычетом величины продаж. Если запас недостаточен для удовлетворения недельного спроса, спрос удовлетворяется, насколько это возможно.

Фиксируется число нереализованных продаж.

4. Определяется, снизился ли запас до точки восстановления (в примере — 1300 шт.). Если да, причем не ожидается поступления заказа, сделанного ранее, то делается заказ.

Для генерации случайных чисел воспользуемся формулой =СЛУЧМЕЖДУ(1;100) и результаты зафиксируем, так как эти числа могут изменяться со временем. Для определения спроса в зависимости от случайного числа воспользуемся функцией ЕСЛИ().

Таблица с результатами имитации представлены в таблице 3.5 - в расчетном виде и на рисунке 3.3.- в формульном виде.

Таблица 3.5. Результаты имитационного моделирования

Неделя	Получение	Начальный запас	Случайное число	Спрос	Объем продаж	Конечный запас	Потери продаж	Делать заказ?	Случайное число	Время поставок
1	0	1800	36	690	690	1110	0	Да	66	3
2	0	1110	94	730	730	380	0	Нет		
3	0	380	56	710	380	0	330	Нет		
4	0	0	43	695	0	0	695	Нет		
5	2500	2500	12	680	680	1820	0	Нет		
6	0	1820	61	710	710	1110	0	Да	21	1
7	0	1110	26	690	690	420	0	Нет		
8	2500	2920	65	710	710	2210	0	Нет		
9	0	2210	61	710	710	1500	0	Нет		
10	0	1500	2	670	670	830	0	Да	75	3
11	0	830	9	675	675	155	0	Нет		
12	0	155	57	710	155	0	555	Нет		
13	0	0	2	670	0	0	670	Нет		
14	2500	2500	83	720	720	1780	0	Нет		
15	0	1780	65	710	710	1070	0	Да	57	2
16	0	1070	77	720	720	350	0	Нет		
17	0	350	95	730	350	0	380	Нет		
18	2500	2500	79	720	720	1780	0	Нет		
19	0	1780	90	730	730	1050	0	Да	51	2
20	0	1050	51	700	700	350	0	Нет		
21	0	350	86	725	350	0	375	Нет		
22	2500	2500	100	740	740	1760	0	Нет		
23	0	1760	98	740	740	1020	0	Да	34	2
24	0	1020	74	715	715	305	0	Да		
<b>Итого</b>						19000	3005			

Результаты имитационного эксперимента:

- конечный суммарный запас - 19000 штук;
- средний конечный запас  $19000/24 = 791,67$  штук;
- число упущенных продаж - 3005;
  - среднее число упущенных продаж  $3005/24 = 125,2$  шт. в месяц;
- за все время придется сделать 6 заказов;
- среднее число заказов  $6/24 = 0,25$  заказа в неделю;
  - за весь период количество недель с упущенными продажами (отсутствие аккумуляторов на складе) составило 6;
    - среднее число упущенных недель  $6/24 = 0,25$  недель.

Определим среднюю стоимость проведения изложенной выше политики в неделю. Для этого вычислим ее составляющие:

Еженедельная стоимость заказов = Затраты на один заказ  $\times$  Среднее число заказов в неделю =  $60 \cdot 0,25 = 15$  руб.

Еженедельная стоимость хранения = Затраты на хранение одной единицы в течение недели  $\times$  Средняя величина конечного запаса =  $0,5^{91,67} = 395,83$  руб.

Еженедельная стоимость упущенных продаж = Стоимость упущенной продажи  $\times$  Среднее число упущенных продаж в неделю =  $30 \cdot 0,25 = 7,5$  руб.

Таким образом,

Общая еженедельная стоимость = Стоимость заказов + Стоимость хранения + Стоимость упущенных продаж =  $15 + 395,83 + 7,5 = 418,33$  руб.

Вывод. Проведенный эксперимент показывает, что за 24 недели придется сделать 6 заказов, общая еженедельная стоимость составит 418,33 руб.

### Контрольные вопросы

1. Что такое имитационное моделирование?
2. В чем заключается метод Монте-Карло?
3. С помощью чего при использовании метода Монте-Карло генерируются результаты наблюдений?

## ПОСТРОЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ МОДЕЛИ РЕГРЕССИИ

**Задача 1.** Построение пространственной модели связи объема реализации одного из продуктов фирмы от нескольких факторных признаков. Пусть имеются некоторые данные об объеме реализации одного из продуктов фирмы. На основании содержательного анализа составлен перечень показателей, которые предполагается включить в модель, и составлена таблица исходных данных (табл. 1.). Задача решается с помощью методов корреляционного и регрессионного анализа.

1. Необходимо составить матрицу парных коэффициентов корреляции и на ее основе дать рекомендации о включении в модель тех или иных факторов.

*Решение.* Вычислить парные коэффициенты корреляции

Для того, чтобы вычислить, например, коэффициент корреляции между  $x_2$  и  $x_3$ , формулы необходимо записать в следующем виде:

$$r_{x_2 x_3} = \frac{x_2 x_3 - x_2 \cdot x_3}{\sigma_{x_2} \sigma_{x_3}},$$

$$\sigma_{x_2} = \sqrt{x_2^2 - x_2^2},$$

$$\sigma_{x_3} = \sqrt{x_3^2 - x_3^2}.$$

Таблица 1.

Объем реализации	Время	Реклама	Цена	Цена конкурента	Индекс потребительских расходов
$y$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$
126	1	4	15,0	17,0	100,0
137	2	4,8	14,8	17,3	98,4
148	3	3,8	15,2	16,8	101,2
191	4	8,7	15,5	16,2	103,5
274	5	8,2	15,5	16,0	104,1
370	6	9,7	16,0	18,0	107,0
432	7	14,7	18,1	2,02	107,4
445	8	18,7	13,0	15,8	108,5
367	9	19,8	15,8	18,2	108,3
367	10	10,6	16,9	16,8	109,2
321	11	8,6	16,3	17,0	110,1
307	12	6,5	16,1	18,3	110,7
331	13	12,6	15,4	16,4	110,3
345	14	6,5	15,7	16,2	111,8
364	15	5,8	16,0	17,7	112,3
384	16	5,7	15,1	16,2	112,9

Далее методом «Анализ данных» табличного процессора решить задачу пространственной множественной регрессии

Результаты:

	A	B	C	D	E	F
1	ВЫВОД ИТОГОВ					
2						
3	<i>Регрессионная статистика</i>					
4	Множественный	0,948297672				
5	R-квадрат	0,899268474				
6	Нормированный	0,862638828				
7	Стандартная оши	38,12413985				
8	Наблюдения	16				
9						
10	Дисперсионный анализ					
11		<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
12	Регрессия	4	142730,4871	35682,62177	24,55029123	1,95719E-05
13	Остаток	11	15987,95044	1453,45004		
14	Итого	15	158718,4375			
15						
16		<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>
17	Y-пересечение	-1346,771239	273,0636236	-4,932078542	0,000448185	-1947,780222
18	x2	7,907794525	2,27951453	3,469069586	0,005248568	2,890616876
19	x3	-5,887164166	11,65436616	-0,505146662	0,623423124	-31,53825112
20	x4	-6,483329464	3,331909533	-1,945829981	0,077667128	-13,8168129
21	x5	16,56164269	2,42642017	6,825546082	2,85523E-05	11,2211279
22						

Рис. 7. Вывод итогов регрессии

Как видно из рис.7., полученные итоги характеризуют линейную регрессию вида:

$$y = a_0 + a_2x^2 + a_3x^3 + a_4x^4 + a_5x^5$$

Только, прежде чем воспользоваться полученными результатами, необходимо проверить на значимость значения коэффициентов  $a_0 - a_5$ , а также проверить на значимость само уравнение регрессии. Проверить на значимость коэффициенты уравнения регрессии означает, что нужно убедиться в том, что значения коэффициентов получены неслучайно и им можно доверять. Другими словами, если коэффициенты уравнения регрессии значимы, то на их основе можно делать прогноз будущих периодов. Осуществляется такая проверка с помощью t-теста Стьюдента. Рассчитывается значение t-статистики и сравнивается с порогом. Как видно из итогов регрессии (рис.7), мы имеем значения соответствующих коэффициентов уравнения регрессии (столбец-коэффициенты), значения t-статистики для каждого коэффициента (столбец t-статистика), значения стандартных ошибок. Нет только пороговых значений

для критерия Стьюдента. Их можно найти по таблицам для критерия Стьюдента или же воспользоваться р-значением, которое не должно превышать 0,05 при 5% уровне значимости. Тогда и соответствующий коэффициент будет значим.

После этого нужно провести проверку на значимость выбранного уравнения регрессии. Она осуществляется с помощью F – теста Фишера. Рассчитывается F статистика и сравнивается с порогом. Пороговое значение выбирается по таблицам F распределения Фишера. В программе F, а можно воспользоваться полем «Значимость F». При 5% уровне значимости его значение должно быть меньше 0,05 для того, чтобы выбранное уравнение регрессии было значимым. У нас «Значимость F» =  $1,96 \cdot 10^{-5}$  т.е. выбранное нами линейное уравнение регрессии значимо.

В результате получим следующую пространственную регрессионную модель.

$$y = -1471,31 + 9,57x_2 + 15,75x_5$$

Экономический смысл полученного уравнения регрессии. Если в рекламу вложить миллион рублей, то выручка от реализации продукта увеличится на 9.57 миллионов рублей. Вот почему мы каждый фильм по телевизору смотрим по 3-4 часа. Увеличение индекса потребительских расходов населения на 10% увеличивает выручку от реализации продукта на 1,6 миллиона руб.

По аналогичной методике постройте модель оценки производительности труда по относительным показателям.

### **Контрольные вопросы**

1. Сущность регрессионного анализа.
2. Что такое пространственная модель регрессии?
3. Области применения регрессионного анализа.
4. Реализация пространственной модели регрессии с помощью программных продуктов.
5. Какая формула используется при расчете t-статистики через коэффициент детерминации для оценки уравнения множественной регрессии?

## Построение аддитивных и мультипликативных моделей

### Пример 1. Построение аддитивной модели временного ряда.

Обратимся к данным об объеме потребления электроэнергии жителями района за последние четыре года (табл. 1).

Таблица 1

Год	№ квартала	Потребление электроэнергии
1	1	6,0
	2	4,4
	3	5,0
	4	9,0
2	5	7,2
	6	4,8
	7	6,0
	8	10,0
3	9	8,0
	10	5,6
	11	6,4
	12	11,0
4	13	9,0
	14	6,6
	15	11,0
	16	10,8

Построить аддитивную модель потребления электроэнергии и дать прогноз потребления энергии на следующий год.

Результаты: Прогноз объема потребления электроэнергии на первое полугодие ближайшего следующего (пятого) года составит:

$$(9,4653 + 7,0937) = 16,559 \quad \text{млн кВт/ч.}$$

На рис1. Представлены результаты моделирования, из которых видно, что неучёт сезонной составляющей приводит к ошибке в модели 0,5 млн. Квт/ч

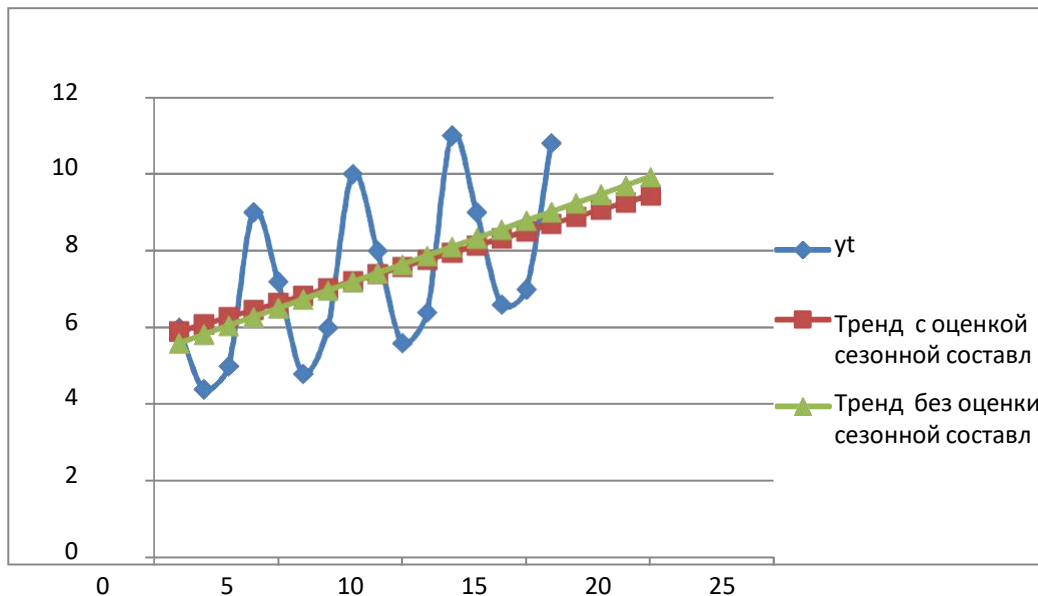


Рис 1. Разница трендов с учётом и без учёта сезонной составляющей составляет 0,5 млн кВт/ч.

### Контрольные вопросы

1. Методы анализа структуры динамических рядов.
2. Сущность метода скользящей средней.
3. Общий вид аддитивной и мультипликативной моделей, процесс их построения.
4. Каким образом осуществляется прогнозирование по аддитивной модели?

**Задача 2.** Построить мультипликативную модель временного ряда.

Пусть имеются поквартальные данные о прибыли компании за последние четыре года (табл. 4.13).

Таблица 4.13

Год \ Квартал	Квартал			
	I	II	III	IV
1	72	100	90	64
2	70	92	80	58
3	62	80	68	48
4	52	60	50	30

По данным задачи необходимо сделать прогноз ожидаемой прибыли компании за первое полугодие ближайшего следующего года.

Результат: Прогноз ожидаемой прибыли компании на первое полугодие ближайшего следующего года составит:

$$(39,6254 + 48,8326) = 88,458 \quad \text{тыс. долл.}$$

## Контрольные вопросы

5. Методы анализа структуры динамических рядов.
6. Сущность метода скользящей средней.
7. Общий вид аддитивной и мультипликативной моделей, процесс их построения.
8. Каким образом осуществляется прогнозирование по мультипликативной модели?

Задача 3. Прогнозирования курса акций Лукойла с помощью авторегрессионной модели. Построить авторегрессию первого порядка  $AR(1)$ , которая характеризует тесноту связи между соседними значениями ценового или иного ряда. Воспользоваться методом регрессионного анализа табличного процессора MS Excel

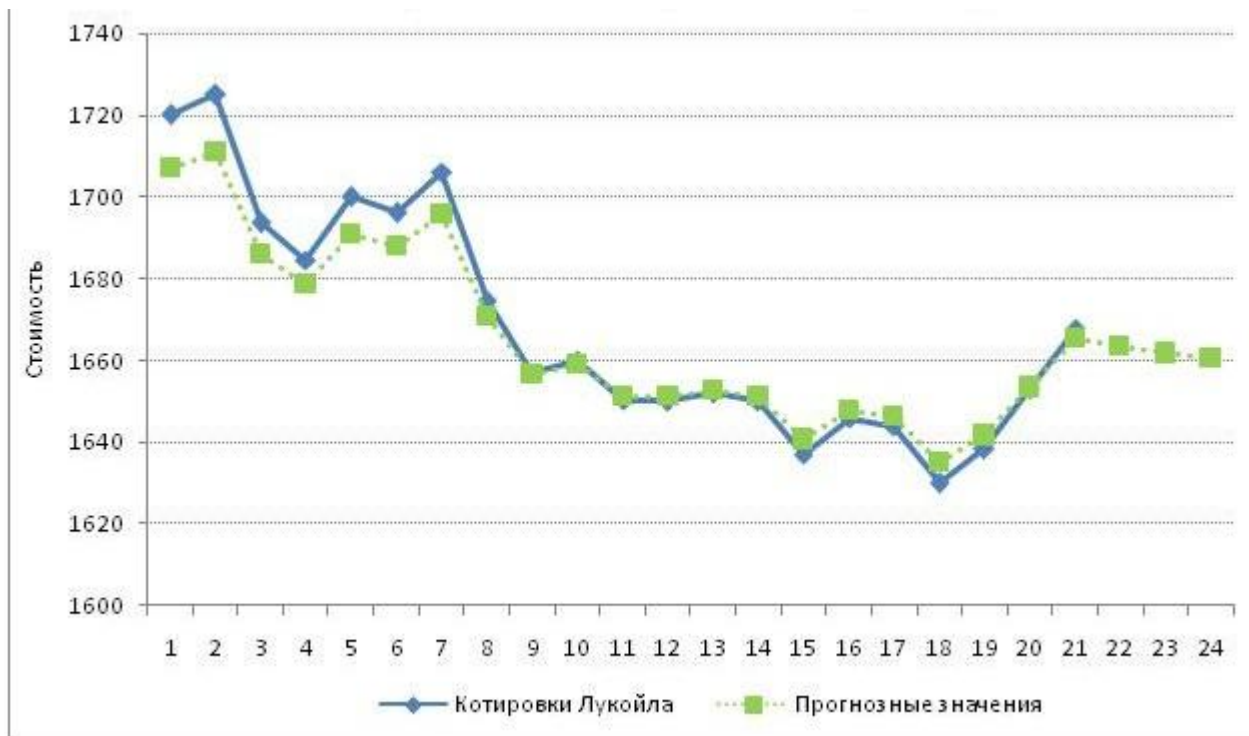


Результат: Модель динамики ценной бумаги описывается следующим уравнением:

$$Y = 332.45 + 0.79 * Y_{t-1}$$

	A	B	C	D	E
1	Название	Дата	Close	Исх.ряд	Прогноз.
2	ЛКОН	30.07.2010	1720		
3	ЛКОН	02.08.2010	1724.92	1720	1707.027
4	ЛКОН	03.08.2010	1693.5	1724.92	1710.958
5	ЛКОН	04.08.2010	1684.47	1693.5	1685.849
6	ЛКОН	05.08.2010	1700	1684.47	1678.632
7	ЛКОН	06.08.2010	1696	1700	1691.043
8	ЛКОН	09.08.2010	1706.05	1696	1687.846
9	ЛКОН	10.08.2010	1674.67	1706.05	1695.878
10	ЛКОН	11.08.2010	1657	1674.67	1670.8
11	ЛКОН	12.08.2010	1660	1657	1656.679
12	ЛКОН	13.08.2010	1650.09	1660	1659.076
13	ЛКОН	16.08.2010	1650	1650.09	1651.157
14	ЛКОН	17.08.2010	1652.01	1650	1651.085
15	ЛКОН	18.08.2010	1650	1652.01	1652.691
16	ЛКОН	19.08.2010	1637.07	1650	1651.085
17	ЛКОН	20.08.2010	1645.87	1637.07	1640.751
18	ЛКОН	23.08.2010	1644	1645.87	1647.784
19	ЛКОН	24.08.2010	1630	1644	1646.29
20	ЛКОН	25.08.2010	1638.3	1630	1635.101
21	ЛКОН	26.08.2010	1652.99	1638.3	1641.734
22	ЛКОН	27.08.2010	1668	1652.99	1653.474
23				1668	1665.47
24				1665.47	1663.448
25				1663.448	1661.831
26				1661.831	1660.54
27				1660.54	

Построим значения исходного ряда и прогнозные значения на основе авторегрессии. Получится следующий график прогнозных значений (зеленый график).



### Задания творческого уровня

Задание. На основании данных таблицы 2. для соответствующего варианта построить модель авторегрессии и оценить ее качества.

1. Построить уравнение авторегрессии.
2. Проверить значимость уравнения регрессии.
3. Дать интерпретацию полученным значениям.
4. Проверить наличие автокорреляции в остатках.
5. Дать оценки достоверности и точности модели

Таблица 2.

Вариант	Номер графы табл. П1.3 для резуль- тативной переменной	Номер графы табл. П1.3 для факторной переменной	Уровень значимости
	$y$	$x$	
1	3	4	0,05
2	3	5	0,01
3	3	11	0,05
4	3	15	0,01
5	10	4	0,05
6	10	5	0,01
7	10	11	0,05
8	10	15	0,01
9	16	4	0,05
10	16	5	0,01
11	16	11	0,05
12	16	15	0,01
13	7	4	0,05
14	7	5	0,01
15	7	11	0,05
16	7	15	0,01
17	14	4	0,05
18	14	5	0,01
19	14	11	0,05
20	14	15	0,01
21	6	4	0,05
22	6	5	0,01
23	6	11	0,05
24	6	15	0,01
25	11	8	0,05

