

**Федеральное агентство по образованию**

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Санкт-Петербургский государственный  
инженерно-экономический университет»

Кафедра логистики и организации перевозок

Курсовой проект по дисциплине

**ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ**

**И МОДЕЛИ В ЛОГИСТИКЕ**

на тему:

***«Оптимальное планирование закупок  
при случайном спросе на товары»***

**Выполнил:**

\_\_\_\_\_

(Фамилия И.О.)

студент \_\_\_\_ курса \_\_\_\_ спец. \_\_\_\_\_  
(срок обучения)

группа \_\_\_\_ № зачет. книжки \_\_\_\_\_

**Подпись:** \_\_\_\_\_

**Преподаватель:** \_\_\_\_\_  
(Фамилия И.О.)

Оценка: \_\_\_\_\_

Дата: \_\_\_\_\_

**Подпись:** \_\_\_\_\_

**Санкт-Петербург  
2010**

## Содержание

Исходные данные для проектирования .....	3
1. АВС-АНАЛИЗ ПРИБЫЛЬНОСТИ ТОВАРОВ .....	6
1.1. Расчет прибыли от продажи товаров в последнем месяце .....	6
1.2. Определение среднего значения прибыли от продаж по всей товарной номенклатуре .....	6
1.3. Построение вариационного ряда товаров по прибыльности .....	7
1.4. Расчет и построение кумулятивной кривой прибыльности товаров .....	9
1.5. Деление товаров на категории и определение доли товаров группы А .....	10
1.6. Расчет бюджета товаров группы А .....	12
2. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОДАЖ ТОВАРОВ ГРУППЫ А .....	13
2.1. Расчет коэффициентов линейной модели тренда для товаров группы А .....	13
3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ ЗАКАЗОВ ТОВАРОВ .....	27
3.1. Расчет параметров модели хозяйственного риска .....	27
3.3. Определение оптимальных бюджетов товаров .....	44
4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ ЗАКУПОК ТОВАРОВ ГРУППЫ А ПРИ ОГРАНИЧЕННОМ БЮДЖЕТЕ .....	45
4.1. Определение коммерческой значимости товаров .....	45
4.2. Расчет требуемых бюджетов товаров .....	49
4.3. Расчет оптимальных бюджетов с учетом ограничений .....	49
4.4. Расчет объемов закупок с учетом ограничений .....	50
Литература .....	52

## Исходные данные для проектирования

Таблица П1

Рейтинг и объемы продаж товаров за 6 месяцев (общие данные)

Товар	Объемы продаж по месяцам, $Q_i$						Рейтинг, $U_i$
	1 мес.	2 мес.	3 мес.	4 мес.	5 мес.	6 мес.	
T1	80	85	81	90	87	95	80
T2	160	150	170	168	190	187	85
T3	250	260	260	280	270	290	90
T4	180	180	170	160	165	160	70
T5	60	65	65	63	67	68	85
T6	70	73	72	78	76	77	80
T7	28	33	30	37	36	38	60
T8	130	125	120	130	120	115	75
T9	100	115	110	112	115	118	80
T10	250	240	240	245	230	235	90
T11	35	38	40	39	46	47	83
T12	50	55	54	56	58	57	70
T13	70	78	75	76	80	87	65
T14	98	105	100	103	107	108	50
T15	100	108	110	112	117	118	78
T16	120	128	125	135	133	137	85
T17	140	150	150	152	157	158	88
T18	270	272	265	260	258	250	90
T19	260	262	258	264	265	269	70
T20	320	322	318	310	312	308	30
T21	330	328	327	320	315	312	40
T22	265	263	270	275	274	276	55
T23	200	203	202	207	206	208	70
T24	210	211	205	200	198	195	80
T25	110	115	122	132	130	135	45
T26	115	118	117	121	126	127	35
T27	80	87	85	87	89	93	25

T28	65	68	72	74	78	79	50
-----	----	----	----	----	----	----	----

Таблица П2 и Таблица П3

Объемы продаж товаров в 7 месяце ,  $Q_7$  и Выбор стоимостных данных

Товар	$Q_7$	$C_{\Pi}$	Затраты			
			$C_z$	$C_T$	$C_x$	$C_p$
T1	100	17	12	0,4	0,1	0,5
T2	200	19	15	0,65	0,15	0,2
T3	300	8	5	0,5	0,25	0,3
T4	150	11	7	0,5	0,3	0,3
T5	70	16	12	0,6	0,3	0,2
T6	80	23	17	0,6	0,3	0,2
T7	40	14	10	0,7	0,2	0,1
T8	110	15	11	0,8	0,2	0,1
T9	120	18	12	0,5	0,2	0,2
T10	230	10	6	0,7	0,2	0,1
T11	50	14	9	0,8	0,1	0,1
T12	60	10	7	0,8	0,15	0,1
T13	90	6	4	0,8	0,1	0,1
T14	110	7	3	0,8	0,1	0,1
T15	120	13	8	0,8	0,2	0,1
T16	140	5	2	0,7	0,2	0,15
T17	160	23	17	0,7	0,1	0,15
T18	250	26	20	0,8	0,1	0,15
T19	270	8	5	0,9	0,1	0,15
T20	305	10	6	0,8	0,2	0,2
T21	310	11	4	0,7	0,2	0,2
T22	280	15	10	0,5	0,2	0,3
T23	210	13	8	0,45	0,25	0,3
T24	190	12	7	0,6	0,2	0,2
T25	140	20	15	0,55	0,15	0,3
T26	130	26	20	0,3	0,3	0,4
T27	95	36	30	0,3	0,3	0,4
T28	80	34	25	0,3	0,3	0,4

Таблица П4 Дополнительные данные по проекту

Общий бюджет (тыс.ед), $B_0$		45
Горизонт прогнозирования, $\Delta t$		3
Доверительная вероятность, $\beta$		0.1
Процентная ставка, $\gamma$		5
Значимость факторов, %	$\xi_R$	50
	$\xi_U$	50

## 1. АВС-АНАЛИЗ ПРИБЫЛЬНОСТИ ТОВАРОВ

Используя табличный процессор Excel, решим задачу о номенклатуре товаров с делением на три группы (группы **A-B-C**), используя в качестве критерия прибыль от их продажи в последнем (7-ом) месяце. Группы **ABC** определяются аналитически и графически в виде диаграммы Парето.

### 1.1. Расчет прибыли от продажи товаров в последнем месяце

Прибыль от продажи  $i$ -го товара определяется по формуле

$$R_i = D_i - S_i, \quad (1)$$

где:  $D_i = Q_i \cdot C_{ni}$  - общий доход от продажи  $i$ -го товара;

$S_i = Q_i \cdot C_{ui}$  - общие издержки, связанные с  $i$ -м товаром;

$C_{ui} = C_{zi} + C_{mi} + C_{xi} + C_{pi}$  - удельные издержки;

$Q_i$  – объем продаж  $i$ -го товара в 7-м месяце;

$C_{ni}$  = продажная цена;

$C_{zi}$  – закупочная цена;

$C_{mi}$  – транспортные расходы;

$C_{xi}$  – затраты на хранение;

$C_{pi}$  – затраты на реализацию.

### 1.2. Определение среднего значения прибыли от продаж по всей товарной номенклатуре

Деление товаров на группы строится на сравнении прибыли от продажи каждого товара с ее средним значением по всей номенклатуре. Среднее значение прибыли от продаж находится по формуле

$$\bar{R} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N R_i, \quad (2)$$

где  $N$  – общее количество наименований товаров ( $N = 28$ ).

Или в процентах

$$K_{cp} = \frac{\bar{R}}{\sum_{i=1}^N R_i} 100 = \frac{100}{N}. \quad (3)$$

### 1.3. Построение вариационного ряда товаров по прибыльности

Исходные данные по товарам необходимо ранжировать в порядке убывания прибыли от их продажи в последнем месяце. Технология и алгоритм процедуры следующие:

- после расчета прибыли по формуле (1) получим вектор прибыльности товаров  $\{R_i\}_{i=1}^N$ ;

- полученный вектор  $\{R_i\}_{i=1}^N$  путём сортировки преобразуется в убывающий вариационный ряд

$$\{R_j\}_{j=1}^N = \{R_1 > R_2 > R_3 > \dots > R_N\}$$

$$\text{или в процентах } \{K_j\}_{j=1}^N = \{K_1 > K_2 > K_3 > \dots > K_N\},$$

$$\text{где } K_j = \frac{R_j}{\sum_{j=1}^N R_j} 100.$$

Результаты расчетов представим в таблице 1.

Таблица 1. Расчетная форма для ранжирования товаров

№	Товар	Q7	C <sub>п</sub>	Затраты				C <sub>ui</sub>	Si	Di	Ri	Zi=Ki, %
				C <sub>з</sub>	C <sub>т</sub>	C <sub>х</sub>	C <sub>р</sub>					
1	T1	100	17	12	0,4	0,1	0,5	13,00	1300,00	1700,00	400,00	2,48%
2	T2	200	19	15	0,65	0,15	0,2	16,00	3200,00	3800,00	600,00	3,73%
3	T3	300	8	5	0,5	0,25	0,3	6,05	1815,00	2400,00	585,00	3,63%
4	T4	150	11	7	0,5	0,3	0,3	8,10	1215,00	1650,00	435,00	2,70%
5	T5	70	16	12	0,6	0,3	0,2	13,10	917,00	1120,00	203,00	1,26%
6	T6	80	23	17	0,6	0,3	0,2	18,10	1448,00	1840,00	392,00	2,43%
7	T7	40	14	10	0,7	0,2	0,1	11,00	440,00	560,00	120,00	0,75%
8	T8	110	15	11	0,8	0,2	0,1	12,10	1331,00	1650,00	319,00	1,98%
9	T9	120	18	12	0,5	0,2	0,2	12,90	1548,00	2160,00	612,00	3,80%
10	T10	230	10	6	0,7	0,2	0,1	7,00	1610,00	2300,00	690,00	4,28%
11	T11	50	14	9	0,8	0,1	0,1	10,00	500,00	700,00	200,00	1,24%
12	T12	60	10	7	0,8	0,15	0,1	8,05	483,00	600,00	117,00	0,73%
13	T13	90	6	4	0,8	0,1	0,1	5,00	450,00	540,00	90,00	0,56%
14	T14	110	7	3	0,8	0,1	0,1	4,00	440,00	770,00	330,00	2,05%
15	T15	120	13	8	0,8	0,2	0,1	9,10	1092,00	1560,00	468,00	2,91%
16	T16	140	5	2	0,7	0,2	0,15	3,05	427,00	700,00	273,00	1,69%
17	T17	160	23	17	0,7	0,1	0,15	17,95	2872,00	3680,00	808,00	5,02%
18	T18	250	26	20	0,8	0,1	0,15	21,05	5262,50	6500,00	1237,50	7,68%
19	T19	270	8	5	0,9	0,1	0,15	6,15	1660,50	2160,00	499,50	3,10%



20	T20	305	10	6	0,8	0,2	0,2	7,20	2196,00	3050,00	854,00	5,30%
21	T21	310	11	4	0,7	0,2	0,2	5,10	1581,00	3410,00	1829,00	11,36%
22	T22	280	15	10	0,5	0,2	0,3	11,00	3080,00	4200,00	1120,00	6,95%
23	T23	210	13	8	0,45	0,25	0,3	9,00	1890,00	2730,00	840,00	5,22%
24	T24	190	12	7	0,6	0,2	0,2	8,00	1520,00	2280,00	760,00	4,72%
25	T25	140	20	15	0,55	0,15	0,3	16,00	2240,00	2800,00	560,00	3,48%
26	T26	130	26	20	0,3	0,3	0,4	21,00	2730,00	3380,00	650,00	4,04%
27	T27	95	36	30	0,3	0,3	0,4	31,00	2945,00	3420,00	475,00	2,95%
28	T28	80	34	25	0,3	0,3	0,4	26,00	2080,00	2720,00	640,00	3,97%
Сумма									48273,00	64380,00	16107,00	100%

## 1.4. Расчет и построение кумулятивной кривой прибыльности товаров

Кумулятивная кривая (диаграмма Парето) строится по вектору накопленной прибыли от продажи товаров, рассчитываемому после ранжирования (в %) по формуле

$$W_k = \sum_{j=1}^k K_j$$

для всех  $k=1,2,\dots,N$ .

Результаты сортировки и расчета кумулятивного ряда представляются в форме табл.2.

Таблица 2.

Расчетная форма для деления товаров на группы

	Объемы продаж по месяцам, $Q_i$									
Товар	1	2	3	4	5	6	7	Si	Kj, %	Wk
T21	330	328	327	320	315	312	310	1581	11,36	11,36
T18	270	272	265	260	258	250	250	5263	7,68	19,04
T22	265	263	270	275	274	276	280	3080	6,95	25,99
T20	320	322	318	310	312	308	305	2196	5,30	31,29
T23	200	203	202	207	206	208	210	1890	5,22	36,51
T17	140	150	150	152	157	158	160	2872	5,02	41,53
T24	210	211	205	200	198	195	190	1520	4,72	46,24
T10	250	240	240	245	230	235	230	1610	4,28	50,53
T26	115	118	117	121	126	127	130	2730	4,04	54,56
T9	100	115	110	112	115	118	120	1548	3,80	58,36
T2	160	150	170	168	190	187	200	3200	3,73	62,09
T3	250	260	260	280	270	290	300	1815	3,63	65,72
T25	110	115	122	132	130	135	140	2240	3,48	69,20
T19	260	262	258	264	265	269	270	1661	3,10	72,30
T27	80	87	85	87	89	93	95	2945	2,95	75,25
T15	100	108	110	112	117	118	120	1092	2,91	78,15
T4	180	180	170	160	165	160	150	1215	2,70	80,85
T1	80	85	81	90	87	95	100	1300	2,48	83,34
T6	70	73	72	78	76	77	80	1448	2,43	85,77
T14	98	105	100	103	107	108	110	440	2,05	87,82
T8	130	125	120	130	120	115	110	1331	1,98	89,80
T16	120	128	125	135	133	137	140	427	1,69	91,49
T5	60	65	65	63	67	68	70	917	1,26	92,75
T11	35	38	40	39	46	47	50	500	1,24	94,00
T7	28	33	30	37	36	38	40	440	0,75	94,74
T12	50	55	54	56	58	57	60	483	0,73	95,47
T13	70	78	75	76	80	87	90	450	0,56	96,03
T28	65	68	72	74	78	79	80	2080	3,97	100,00

### 1.5. Деление товаров на категории и определение доли товаров группы А

Деление товаров на категории выполняется аналитически и графически. Аналитический расчет заключается в следующем.

1) Все товары с прибыльностью выше средней относятся к категории **A**. То есть, по табл.2 все товары с  $K_j \geq K_{cp}$  следует отнести к категории **A** и по той же таблице найти долю этой группы в общей прибыли  $W_A$ .

$$K_{cp}=3,57$$

Товары группы **A**: T21, T18, T22, T20, T23, T17, T24, T10, T26, T9, T2, T3.

2) Подсчитывается количество товаров группы **A** -  $N_A$  и соответствующая этой группе товаров прибыль в % по кумулятивному ряду  $W_A$ . С учетом этих данных находится средняя прибыль по оставшейся номенклатуре товаров

$$K_{BC} = \frac{100 - W_A}{N - N_A}$$

$$K_{BC}=(100-65.72)/(28-12=2.14$$

3) К группе товаров категории **B** следует отнести те товары, для которых выполняется правило

$$K_{cp} > K_j \geq K_{BC}.$$

Товары группы **B**: T25, T19, T27, T15, T4, T1, T6.

Остальные товары составляют группу **C**.

Для графического способа деления товаров на группы **ABC** средствами Excel построим график накопленной прибыли (кумулятивная кривая)  $W(k)$ , соединив точки плавной выпуклой кривой (рис.1). Затем нужно соединить прямой линией начальную и конечную точки (0- $N$ ). Касательная к выпуклой кривой накопленной прибыли  $W(k)$ , параллельная прямой (0- $N$ ), отсекает слева от точки касания группу товаров категории **A**. Если далее соединить прямой точку касания с конечной точкой и провести параллельно ей новую касательную к кумулятивной кривой прибыли, то новая точка касания разделит оставшиеся товары на группы **B** (слева) и **C** (справа).

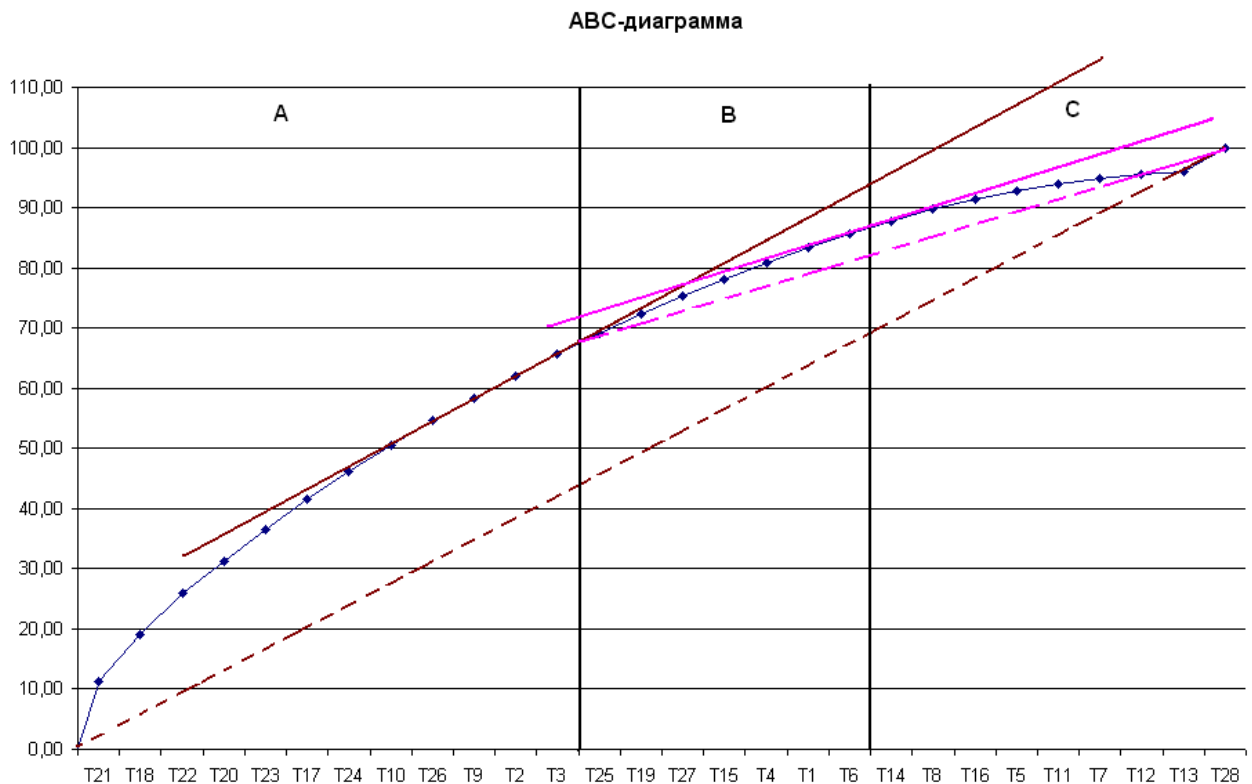


Рис.1. Диаграмма Парето: **ABC** анализ номенклатуры товаров

## 1.6. Расчет бюджета товаров группы *A*

Бюджет товаров группы *A* (наиболее прибыльные товары) определяется через заданный в исходных данных общий бюджет  $B_0$  в условных единицах (см.табл. П4) по формуле

$$B_A = \frac{\gamma_A B_0}{100} \cdot 1000, \quad (5)$$

где  $\gamma_A$  – доля затрат в %, приходящаяся на группу товаров категории *A*. Эта доля находится из табл.2 по формуле

$$\gamma_A = \frac{S_A}{\sum_{j=1}^N S_j} \cdot 100, \quad (6)$$

в которой  $S_A$  – это суммарные затраты на товары группы *A* по табл.2.

$$\gamma_A = \frac{29304,50}{48273,00} \cdot 100 = 60,71\% ;$$

$$B_A = \frac{60,71 \cdot 45}{100} \cdot 1000 = 27317,60 .$$

## 2. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОДАЖ ТОВАРОВ ГРУППЫ А

Прогнозирование продаж выполняется для всех товаров группы А и осуществляется по временным рядам  $Q_i$  ( $i=1,2,\dots,n$ ) табл. 2 (в данном случае  $n=10$ ). Для прогнозирования используется линейная модель тренда с доверительными границами для зависимой переменной  $Q$ .

### 2.1. Расчет коэффициентов линейной модели тренда для товаров группы А

Параметры модели прогнозирования

$$Q = a + b \cdot t \quad (7)$$

определяются методом наименьших квадратов (МНК).

Для их расчета воспользуемся функцией ЛИНЕЙН() табличного редактора MS Excel.

### 2.2. Расчет параметров модели дисперсии ошибки прогноза

Для интервального прогноза необходимо вычислить дисперсию ошибки независимой переменной  $\sigma_Q^2$ , временная модель которой определяется выражением

$$\sigma_Q(t) = \sqrt{\sigma_a^2 + \sigma_b^2 \cdot t^2 - 2K_{a,b} \cdot t}, \quad (8)$$

где  $K_{a,b} = t_{cp} \cdot \sigma_b^2$  - корреляционный момент коэффициентов модели,

$$t_{cp} = \frac{1}{n} \sum_i t_i.$$

Доверительные границы для прогнозируемых объемов продаж товаров определяются по формуле

$$Q_{в,н}(t) = Q(t) \pm t_\beta \cdot \sigma_Q(t),$$

где  $t_\beta$  - статистика Стьюдента.

Доверительной вероятности 0,1 и степеням свободы  $n-2=7-2=5$  соответствует  $t_\beta=2,015$ .

Таблица 3

Расчетная форма для прогнозирования продаж товара T21

	$t_i$ <i>мес.</i>	$Q_i$ <i>ед.</i>	$Q(t)=$ $a+b \cdot t$	$[Q_i-Q(t)]^2$	$t^2$	$(t-t_{cp})^2$	$\sigma_{Q(t)}$	Доверительные границы	
								$Q_v$	$Q_n$
Исходные данные	1	330	331,43	2,04	1	9	1,19	333,82	329,04
	2	328	327,71	0,08	4	4	0,93	329,59	325,84
	3	327	324	9,00	9	1	0,74	325,48	322,52
	4	320	320,29	0,08	16	0	0,66	321,61	318,96
	5	315	316,57	2,47	25	1	0,74	318,05	315,09
	6	312	312,86	0,73	36	4	0,93	314,73	310,98
	7	310	309,14	0,73	49	9	1,19	311,53	306,75
Прогноз	8		305,43		64	16	1,47	308,39	302,46
	9		301,71		81	25	1,77	305,28	298,15
	10		298		100	36	2,08	302,19	293,81
	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Сумма:	28	2242	2242	15,14	140	28	11,68	3170,68	3123,60

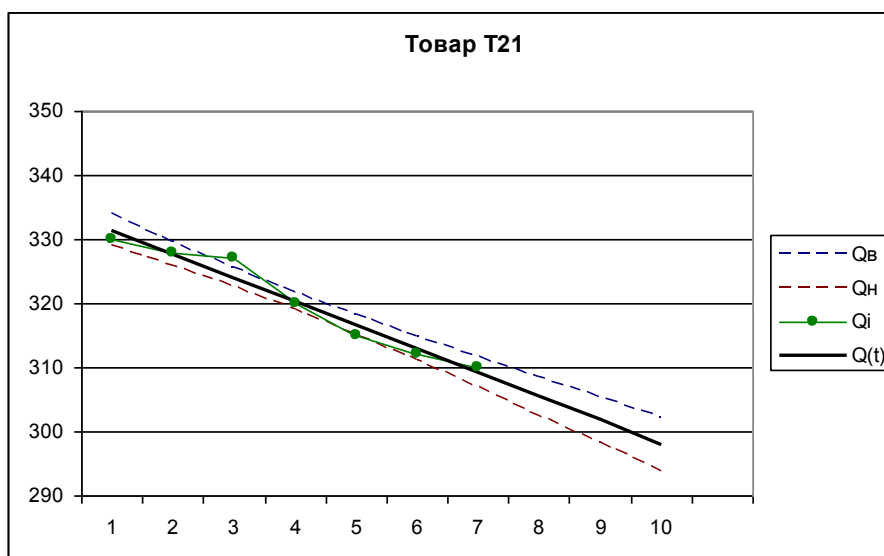
Примечание: в этой таблице и в следующих суммы вычислены при  $t=1..7$ .

Рис. 2. Прогнозирование продаж T21

Таблица 4

Расчетная форма для прогнозирования продаж товара Т18

	$t_i$ <i>мес.</i>	$Q_i$ <i>ед.</i>	$Q(t)=$ $a+b \cdot t$	$[Q_i-Q(t)]^2$	$t^2$	$(t-t_{cp})^2$	$\sigma_{Q(t)}$	Доверительные границы	
								$Q_v$	$Q_n$
Исходные данные	1	270	272,61	6,80	1	9	1,65	275,94	269,28
	2	272	268,64	11,27	4	4	1,30	271,25	266,03
	3	265	264,68	0,10	9	1	1,02	266,74	262,61
	4	260	260,71	0,51	16	0	0,92	262,56	258,87
	5	258	256,75	1,56	25	1	1,02	258,81	254,69
	6	250	252,79	7,76	36	4	1,30	255,40	250,17
	7	250	248,82	1,39	49	9	1,65	252,15	245,49
Прогноз	8		244,86		64	16	2,05	248,99	240,73
	9		240,89		81	25	2,47	245,86	235,92
	10		236,93		100	36	2,90	242,77	231,09
	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Сумма:	28	1825	1825	29,39	140	28	16,28	2580,48	2514,88

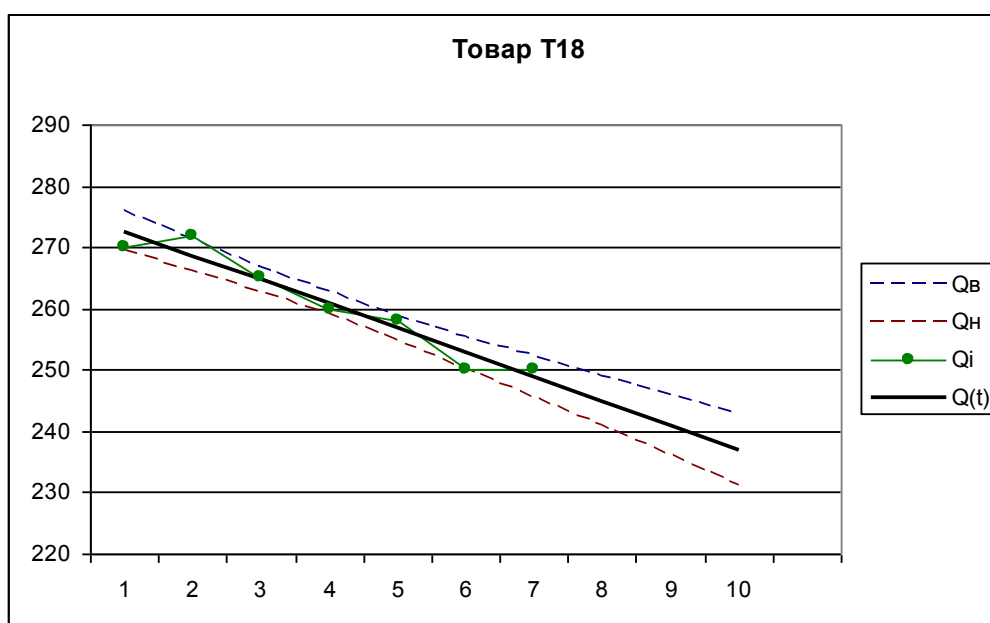


Рис. 3. Прогнозирование продаж Т18

Таблица 5

Расчетная форма для прогнозирования продаж товара T22

	$t_i$ <small>мес.</small>	$Q_i$ <small>ед.</small>	$Q(t)=$ $a+b \cdot t$	$[Q_i-Q(t)]^2$	$t^2$	$(t-t_{cp})^2$	$\sigma_Q(t)$	Доверительные границы	
								$Q_v$	$Q_n$
Исходные данные	1	265	263,82	1,39	1	9	1,55	266,95	260,69
	2	263	266,5	12,25	4	4	1,22	268,95	264,05
	3	270	269,18	0,67	9	1	0,96	271,12	267,24
	4	275	271,86	9,88	16	0	0,86	273,59	270,12
	5	274	274,54	0,29	25	1	0,96	276,48	272,60
	6	276	277,21	1,47	36	4	1,22	279,67	274,76
	7	280	279,89	0,01	49	9	1,55	283,02	276,76
Прогноз	8		282,57		64	16	1,93	286,45	278,69
	9		285,25		81	25	2,32	289,92	280,58
	10		287,93		100	36	2,72	293,42	282,44
	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Сумма:	28	1903	1903	25,96	140	28	15,30	2789,58	2727,92

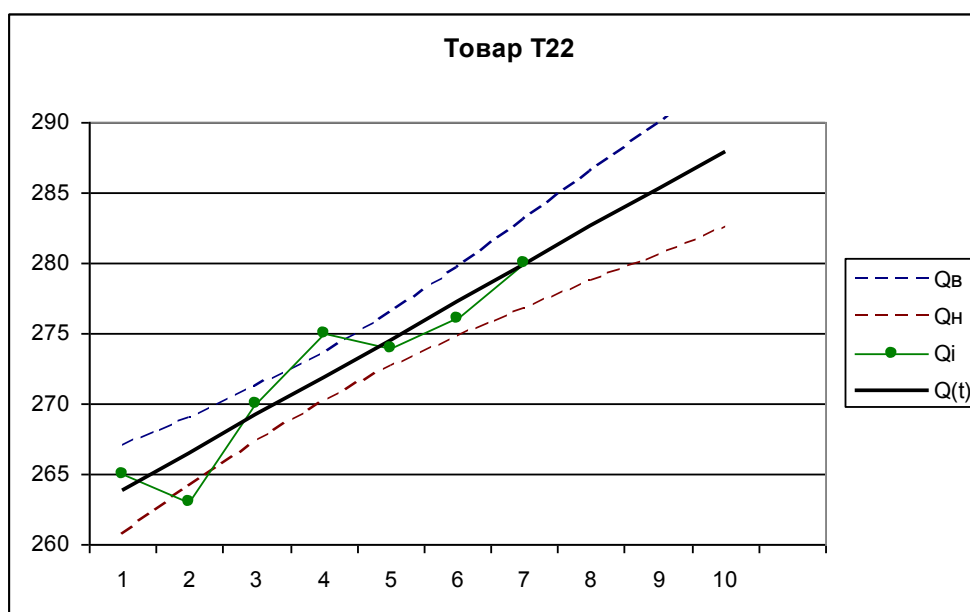


Рис. 4. Прогнозирование продаж T18



Таблица 6

Расчетная форма для прогнозирования продаж товара Т20

	$t_i$ <i>мес.</i>	$Q_i$ <i>ед.</i>	$Q(t)=$ $a+b \cdot t$	$[Q_i-Q(t)]^2$	$t^2$	$(t-t_{cp})^2$	$\sigma_Q(t)$	Доверительные границы	
								$Q_v$	$Q_n$
Исходные данные	1	320	322,04	4,14	1	9	1,64	325,33	318,74
	2	322	319,21	7,76	4	4	1,28	321,80	316,63
	3	318	316,39	2,58	9	1	1,01	318,44	314,35
	4	310	313,57	12,76	16	0	0,91	315,40	311,74
	5	312	310,75	1,56	25	1	1,01	312,79	308,71
	6	308	307,93	0,01	36	4	1,28	310,51	305,34
	7	305	305,11	0,01	49	9	1,64	308,40	301,81
Прогноз	8		302,29		64	16	2,03	306,37	298,20
	9		299,46		81	25	2,44	304,39	294,54
	10		296,64		100	36	2,87	302,43	290,86
	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Сумма:	28	2195	2195	28,82	140	28	16,12	3125,87	3060,92

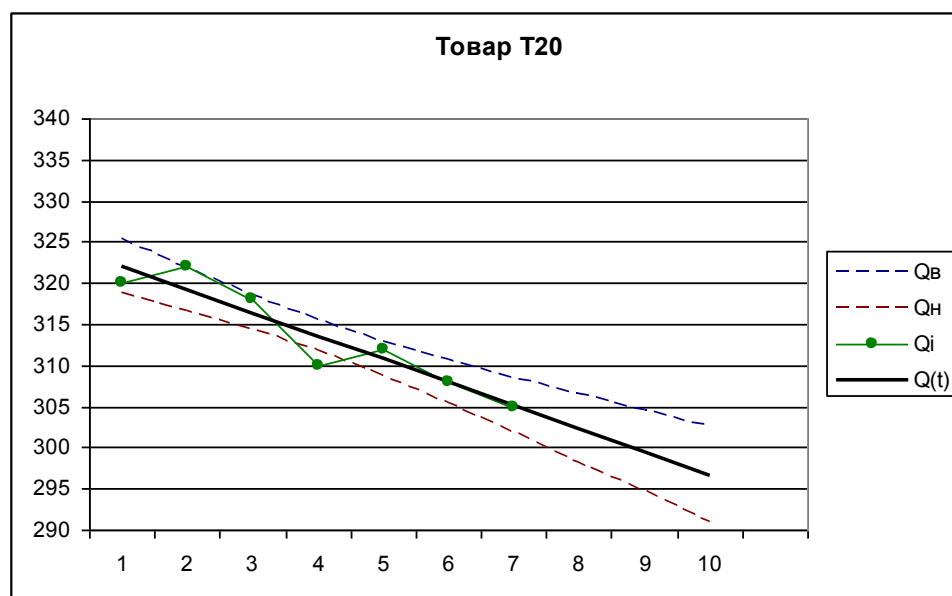


Рис. 5. Прогнозирование продаж Т20

Таблица 7

Расчетная форма для прогнозирования продаж товара T23

	$t_i$ <i>мес.</i>	$Q_i$ <i>ед.</i>	$Q(t)=$ $a+b \cdot t$	$[Q_i-Q(t)]^2$	$t^2$	$(t-t_{cp})^2$	$\sigma_Q(t)$	Доверительные границы	
								$Q_v$	$Q_n$
Исходные данные	1	200	200,43	0,18	1	9	0,85	202,13	198,72
	2	203	202	1,00	4	4	0,66	203,34	200,66
	3	202	203,57	2,47	9	1	0,52	204,63	202,51
	4	207	205,14	3,45	16	0	0,47	206,09	204,20
	5	206	206,71	0,51	25	1	0,52	207,77	205,66
	6	208	208,29	0,08	36	4	0,66	209,62	206,95
	7	210	209,86	0,02	49	9	0,85	211,56	208,15
Прогноз	8		211,43		64	16	1,05	213,54	209,31
	9		213		81	25	1,26	215,55	210,45
	10		214,57		100	36	1,48	217,56	211,58
	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Сумма:	28	1436	1436	7,71	140	28	8,34	2091,80	2058,20

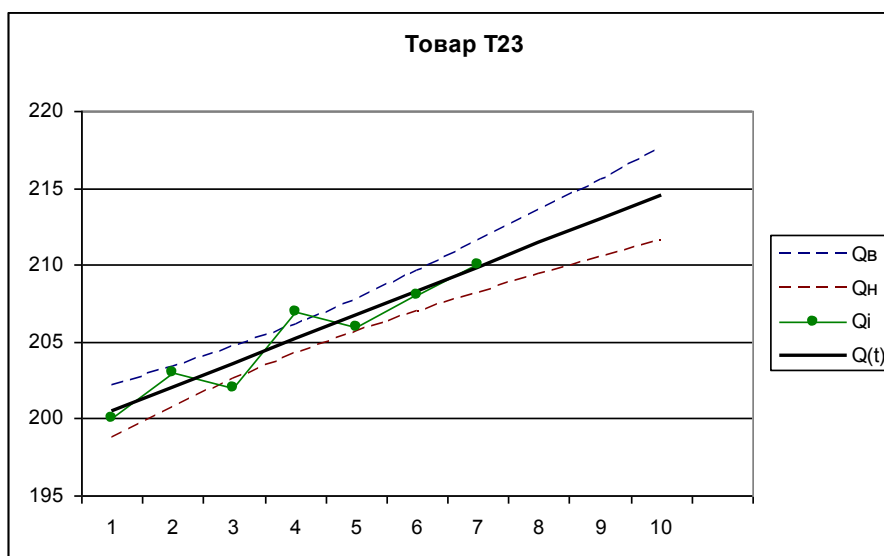


Рис. 6. Прогнозирование продаж T23

Таблица 8

Расчетная форма для прогнозирования продаж товара Т17

	$t_i$ <i>мес.</i>	$Q_i$ <i>ед.</i>	$Q(t)=$ $a+b \cdot t$	$[Q_i-Q(t)]^2$	$t^2$	$(t-t_{cp})^2$	$\sigma_Q(t)$	Доверительные границы	
								$Q_v$	$Q_n$
Исходные данные	1	140	143,54	12,50	1	9	1,66	146,88	140,19
	2	150	146,5	12,25	4	4	1,30	149,12	143,88
	3	150	149,46	0,29	9	1	1,03	151,54	147,39
	4	152	152,43	0,18	16	0	0,92	154,28	150,57
	5	157	155,39	2,58	25	1	1,03	157,47	153,32
	6	158	158,36	0,13	36	4	1,30	160,98	155,73
	7	160	161,32	1,75	49	9	1,66	164,67	157,98
Прогноз	8		164,29		64	16	2,06	168,43	160,14
	9		167,25		81	25	2,48	172,25	162,25
	10		170,21		100	36	2,91	176,08	164,35
	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Сумма:	28	1067	1067	29,68	140	28	16,36	1601,71	1535,79

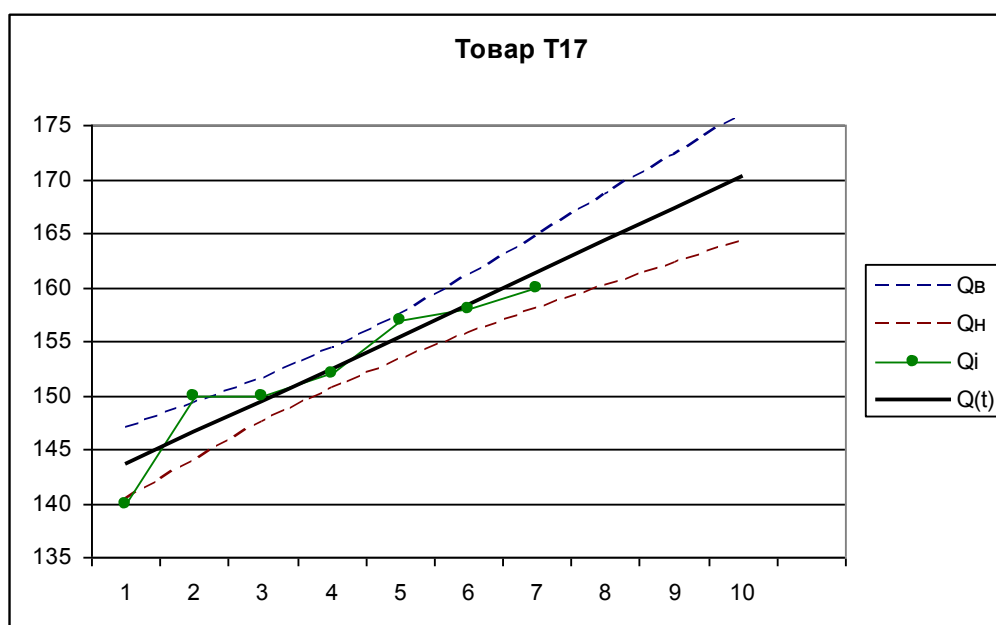


Рис. 7. Прогнозирование продаж Т17

Таблица 9

Расчетная форма для прогнозирования продаж товара Т24

	$t_i$ <small>мес.</small>	$Q_i$ <small>ед.</small>	$Q(t)=$ $a+b \cdot t$	$[Q_i-Q(t)]^2$	$t^2$	$(t-t_{cp})^2$	$\sigma_Q(t)$	Доверительные границы	
								$Q_v$	$Q_n$
Исходные данные	1	210	211,89	3,58	1	9	1,12	214,14	209,65
	2	211	208,36	6,98	4	4	0,87	210,12	206,59
	3	205	204,82	0,03	9	1	0,69	206,22	203,43
	4	200	201,29	1,65	16	0	0,62	202,53	200,04
	5	198	197,75	0,06	25	1	0,69	199,14	196,36
	6	195	194,21	0,62	36	4	0,87	195,98	192,45
	7	190	190,68	0,46	49	9	1,12	192,93	188,43
Прогноз	8		187,14		64	16	1,38	189,93	184,36
	9		183,61		81	25	1,67	186,96	180,25
	10		180,07		100	36	1,96	184,01	176,13
	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Сумма:	28	1409	1409	13,39	140	28	10,99	1981,96	1937,68

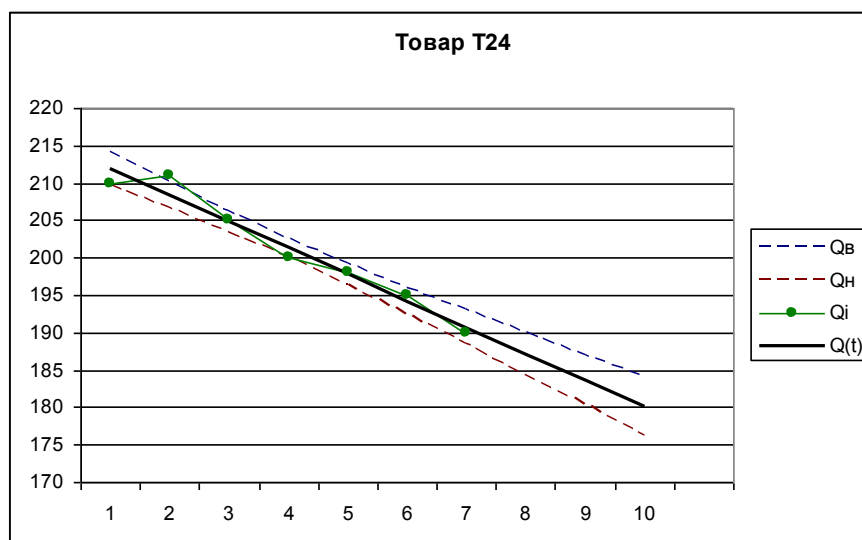


Рис. 8. Прогнозирование продаж Т24

Таблица 10

Расчетная форма для прогнозирования продаж товара Т10

	$t_i$ <i>мес.</i>	$Q_i$ <i>ед.</i>	$Q(t)=$ $a+b \cdot t$	$[Q_i-Q(t)]^2$	$t^2$	$(t-t_{cp})^2$	$\sigma_Q(t)$	Доверительные границы	
								$Q_v$	$Q_n$
Исходные данные	1	250	247,14	8,16	1	9	3,15	253,50	240,79
	2	240	244,29	18,37	4	4	2,47	249,27	239,30
	3	240	241,43	2,04	9	1	1,96	245,37	237,49
	4	245	238,57	41,33	16	0	1,75	242,10	235,05
	5	230	235,71	32,65	25	1	1,96	239,66	231,77
	6	235	232,86	4,59	36	4	2,47	237,84	227,87
	7	230	230	0,00	49	9	3,15	236,36	223,64
Прогноз	8		227,14		64	16	3,91	235,03	219,26
	9		224,29		81	25	4,71	233,78	214,79
	10		221,43		100	36	5,53	232,58	210,28
	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Сумма:	28	1670	1670	107,14	140	28	31,08	2405,48	2280,24

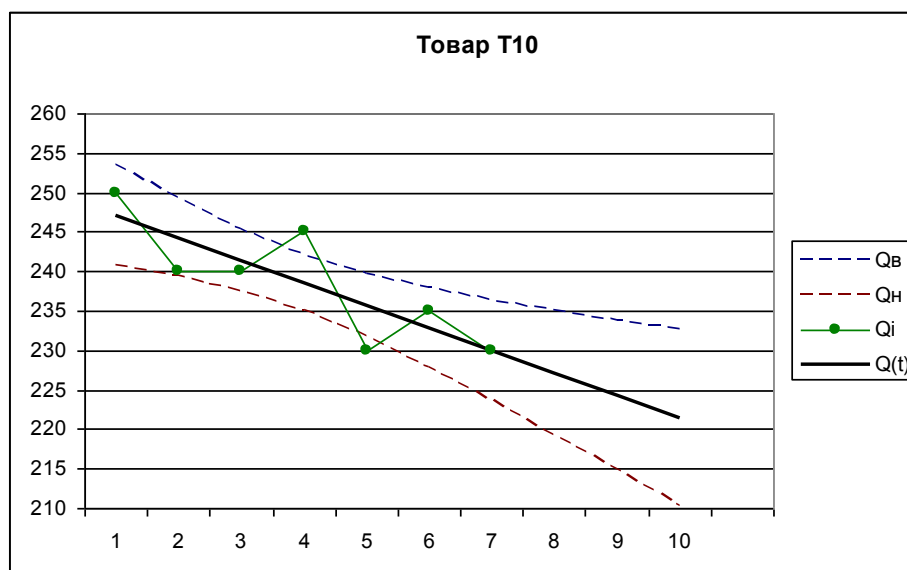


Рис. 9. Прогнозирование продаж Т10

Таблица 11

Расчетная форма для прогнозирования продаж товара Т26

	$t_i$ <i>мес.</i>	$Q_i$ <i>ед.</i>	$Q(t)=$ $a+b \cdot t$	$[Q_i-Q(t)]^2$	$t^2$	$(t-t_{cp})^2$	$\sigma_Q(t)$	Доверительные границы	
								$Q_v$	$Q_n$
Исходные данные	1	115	114,29	0,51	1	9	1,00	116,31	112,26
	2	118	116,86	1,31	4	4	0,79	118,44	115,27
	3	117	119,43	5,90	9	1	0,62	120,68	118,17
	4	121	122	1,00	16	0	0,56	123,12	120,88
	5	126	124,57	2,04	25	1	0,62	125,83	123,32
	6	127	127,14	0,02	36	4	0,79	128,73	125,56
	7	130	129,71	0,08	49	9	1,00	131,74	127,69
Прогноз	8		132,29		64	16	1,25	134,80	129,78
	9		134,86		81	25	1,50	137,88	131,84
	10		137,43		100	36	1,76	140,98	133,88
	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Сумма:	28	854	854	10,86	140	28	9,89	1278,50	1238,64

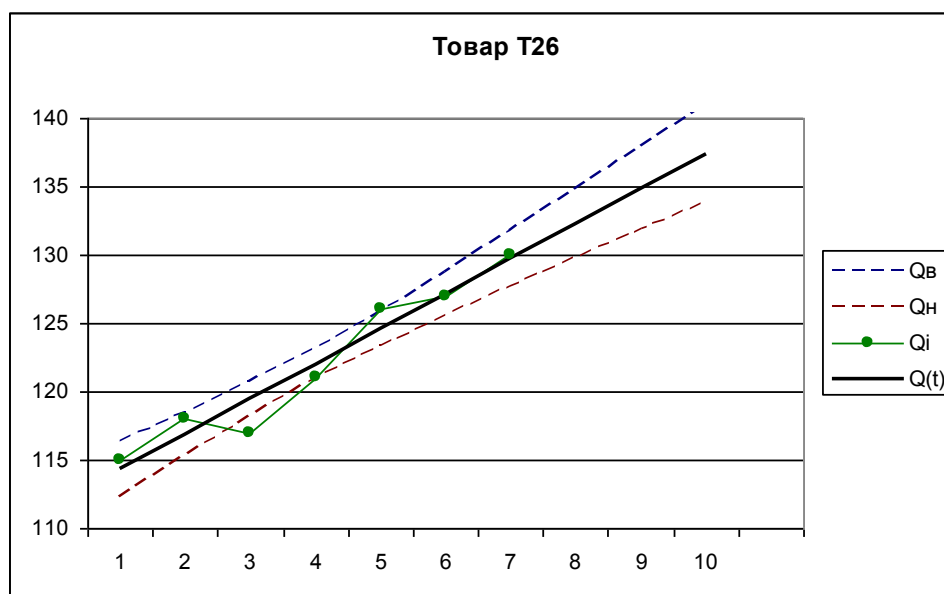


Рис. 10. Прогнозирование продаж Т26

Таблица 12

Расчетная форма для прогнозирования продаж товара Т9

	$t_i$ <small>мес.</small>	$Q_i$ <small>ед.</small>	$Q(t)=$ $a+b \cdot t$	$[Q_i-Q(t)]^2$	$t^2$	$(t-t_{cp})^2$	$\sigma_Q(t)$	Доверительные границы	
								$Q_v$	$Q_n$
Исходные данные	1	100	105,25	27,56	1	9	2,74	110,77	99,73
	2	115	107,79	52,05	4	4	2,15	112,12	103,46
	3	110	110,32	0,10	9	1	1,70	113,74	106,90
	4	112	112,86	0,73	16	0	1,52	115,92	109,80
	5	115	115,39	0,15	25	1	1,70	118,82	111,97
	6	118	117,93	0,01	36	4	2,15	122,26	113,60
	7	120	120,46	0,22	49	9	2,74	125,98	114,94
Прогноз	8		123		64	16	3,40	129,85	116,15
	9		125,54		81	25	4,09	133,78	117,29
	10		128,07		100	36	4,81	137,75	118,39
	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Сумма:	28	790	790	80,82	140	28	26,99	1220,99	1112,22

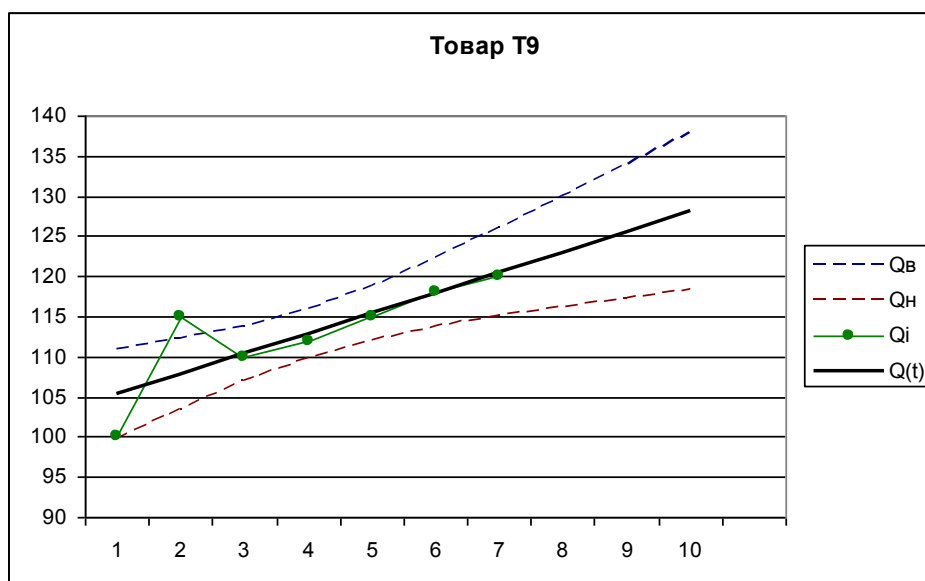


Рис. 11. Прогнозирование продаж Т9

Таблица 13

Расчетная форма для прогнозирования продаж товара Т2

	$t_i$ <small>мес.</small>	$Q_i$ <small>ед.</small>	$Q(t)=$ $a+b \cdot t$	$[Q_i-Q(t)]^2$	$t^2$	$(t-t_{cp})^2$	$\sigma_Q(t)$	Доверительные границы	
								$Q_v$	$Q_n$
Исходные данные	1	160	152,07	62,86	1	9	5,12	162,39	141,75
	2	150	159,71	94,37	4	4	4,02	167,81	151,62
	3	170	167,36	6,98	9	1	3,18	173,76	160,96
	4	168	175	49,00	16	0	2,84	180,72	169,28
	5	190	182,64	54,13	25	1	3,18	189,04	176,24
	6	187	190,29	10,80	36	4	4,02	198,38	182,19
	7	200	197,93	4,29	49	9	5,12	208,25	187,61
Прогноз	8		205,57		64	16	6,35	218,37	192,77
	9		213,21		81	25	7,65	228,63	197,80
	10		220,86		100	36	8,98	238,96	202,76
	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Сумма:	28	1225	1225	282,43	140	28	50,45	1966,31	1762,98

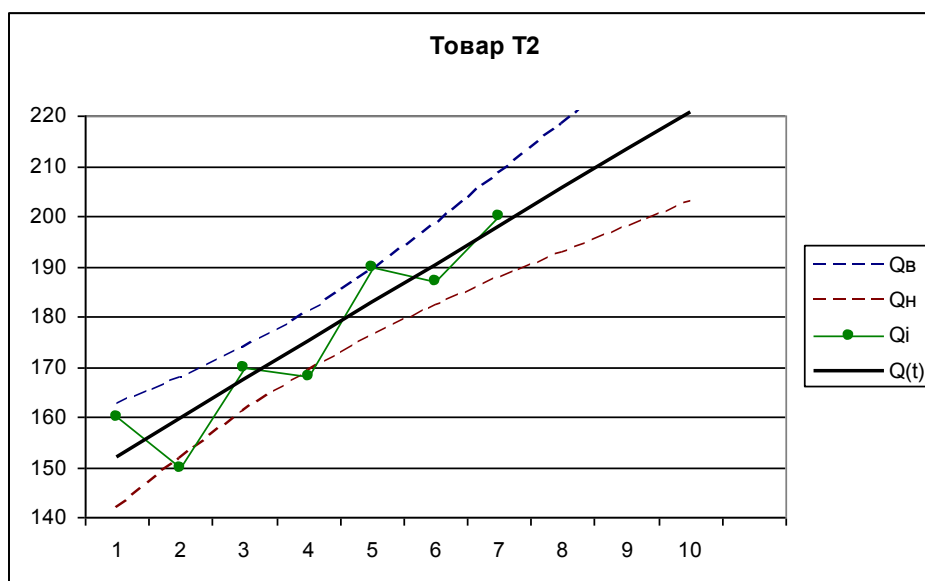


Рис. 12. Прогнозирование продаж Т2



Таблица 14

Расчетная форма для прогнозирования продаж товара Т3

	$t_i$ <i>мес.</i>	$Q_i$ <i>ед.</i>	$Q(t)=$ $a+b \cdot t$	$[Q_i-Q(t)]^2$	$t^2$	$(t-t_{cp})^2$	$\sigma_Q(t)$	Доверительные границы	
								$Q_v$	$Q_n$
Исходные данные	1	250	249,29	0,51	1	9	4,46	258,27	240,30
	2	260	257,14	8,16	4	4	3,50	264,19	250,09
	3	260	265	25,00	9	1	2,77	270,57	259,43
	4	280	272,86	51,02	16	0	2,47	277,84	267,87
	5	270	280,71	114,80	25	1	2,77	286,29	275,14
	6	290	288,57	2,04	36	4	3,50	295,62	281,52
	7	300	296,43	12,76	49	9	4,46	305,42	287,44
Прогноз	8		304,29		64	16	5,53	315,43	293,14
	9		312,14		81	25	6,66	325,57	298,72
	10		320		100	36	7,82	335,77	304,23
	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Сумма:	28	1910	1910	214,29	140	28	43,95	2934,98	2757,87

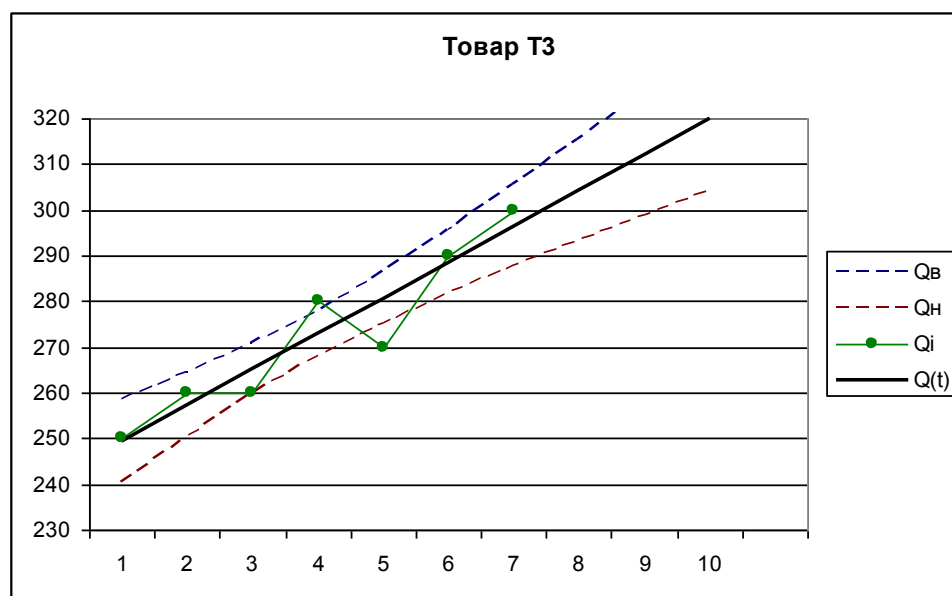


Рис. 13. Прогнозирование продаж Т3

В заключение в точке упреждения  $t_{np}=t_7+\Delta t$  для всех товаров группы  $A$  определяются характеристики распределения объемов продаж (случайного спроса на товары) в виде параметров нормального распределения

$$\bar{Q} = Q(t_{np}) \text{ и } \sigma_Q = \sigma_Q(t_{np}).$$

$$f(Q) = \frac{1}{\sigma_Q \sqrt{2 \cdot \pi}} \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{Q - \bar{Q}}{\sigma_Q} \right)^2 \right]. \quad (10)$$

Представим результаты в табл.12

Таблица 15

Результирующая форма для параметров распределения спроса

Параметр нормального распределения	Обозна- чение	Товары группы $A$											
		T21	T18	T22	T20	T23	T17	T24	T10	T26	T9	T2	T3
Среднее, $ед$	$\bar{Q}$	314,71	254,77	275,88	309,34	207,50	156,88	195,98	234,29	125,86	116,66	186,46	284,64
С.К.О., $ед.$	$\sigma_Q$	11,32	12,14	8,29	8,73	4,85	9,16	10,77	9,31	7,86	8,24	23,81	24,28

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ ЗАКАЗОВ ТОВАРОВ

Случайность спроса на товары, выраженная в виде распределения (10), требует учета рисков при формировании запасов. Риски связаны с иммобилизацией финансовых ресурсов в избыточных запасах и с упущенной выгодой компании из-за недостатка товаров. Оптимальным считается заказ (запас), минимизирующий общие потери, определяемые через штрафные функции. В данном случае, используя эту модель, следует определить оптимальные в указанном смысле объемы заказов всех товаров группы  $A$ .

#### 3.1. Расчет параметров модели хозяйственного риска

Модель хозяйственного риска представляет собой минимизируемую функцию общих потерь компании

$$S = \int_{Q_n}^{Q_0} C_1 \cdot (Q_0 - Q) \cdot f(Q) dQ + \int_{Q_0}^{Q_s} C_2 \cdot (Q - Q_0) \cdot f(Q) dQ \rightarrow \min, \quad (11)$$

где:  $Q_0$  – искомый оптимальный объем заказа, определяемый в интервале доверительных границ  $\{ Q_s \geq Q_0 \geq Q_n \}$ ;  $f(Q)$  – распределение спроса (10);  $C_1$ ,  $C_2$  – потери при заказе единицы товара (см. п.3.1)

$$C_1 = C_x + 0.01\gamma \cdot C_u, \quad C_2 = C_n - C_u;$$

$\gamma$  – банковская ставка, % (табл.П4).

Дополнительным ограничением является условие непревышения бюджета группы  $A$

$$S_0 = Q_0 \cdot C_u \leq B_A$$

Первый интеграл в целевой функции (11) в пределах  $[Q_n \dots Q_0]$  соответствует потерям от заказа *лишних*, невостребованных потребителями, товаров (избыточность запасов), а второй интеграл в пределах  $[Q_0 \dots Q_s]$  – упущенной выгоде из-за нехватки товаров.

### 3.2. Расчет оптимальных заказов

Расчёт составляющих общих издержек (табл.8) следует производить во всём диапазоне спроса (на всём интервале), но суммируются только издержки с положительным знаком (*условное суммирование*).

Оптимальный заказ  $Q_0$  находится с помощью инструмента ПОИСК РЕШЕНИЯ из меню СЕРВИС при ограничениях  $S_0 = Q_0$ ,  $C_u \leq B_A$  и  $Q_s \geq Q_0 \geq Q_n$ . Для корректного построения графиков при необходимости выполняется сортировка данных по возрастанию  $Q$ .

Таблица 16

Расчетная форма для определения издержек по товару T21

Расчёт издержек				Штрафные функции	
$Q$	$f(Q)$	$C_1(Q_0-Q)(fQ)$	$C_2(Q-Q_0)(fQ)$	$C_1 (Q_0-Q)/10^3$	$C_2(Q-Q_0)/10^3$
293	0,0056	0,00	0,00	0,0000	0,0000
294	0,0066	0,00	0,04	-0,0005	0,0059
295	0,0077	-0,01	0,09	-0,0009	0,0118
296	0,0090	-0,01	0,16	-0,0014	0,0177
297	0,0104	-0,02	0,24	-0,0018	0,0236
298	0,0118	-0,03	0,35	-0,0023	0,0295
299	0,0134	-0,04	0,48	-0,0027	0,0354
300	0,0151	-0,05	0,63	-0,0032	0,0413
301	0,0169	-0,06	0,80	-0,0036	0,0472
302	0,0188	-0,08	1,00	-0,0041	0,0531
303	0,0206	-0,09	1,22	-0,0046	0,0590
Сумма ЕСЛИ >0		0,00	5,00		

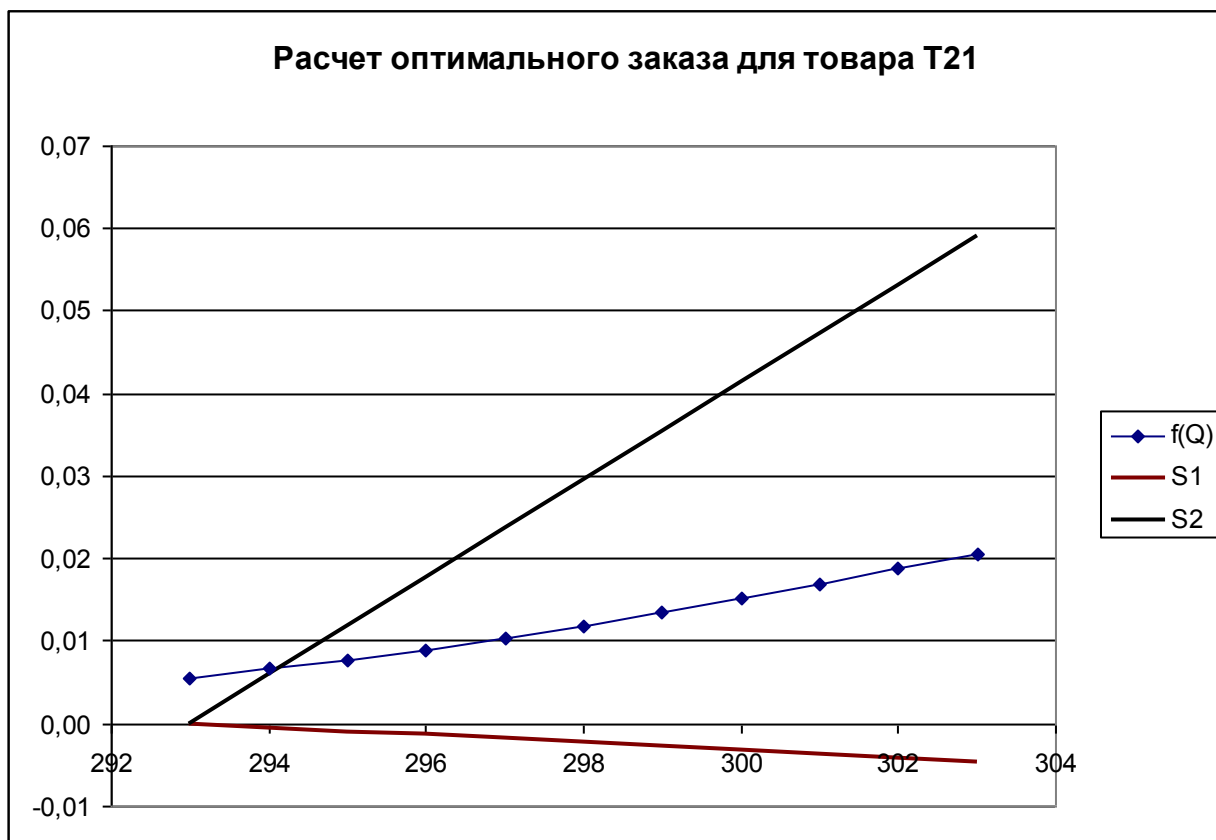


Рис. 14. Поиск оптимального заказа на товар T21

Оптимальный заказ:  $Q_0 = 293$ ; требуемый бюджет  $S_0 = 1464,3$ .

Таблица 17

Расчетная форма для определения издержек по товару T18

Расчёт издержек				Штрафные функции	
$Q$	$f(Q)$	$C_1(Q_0-Q)(fQ)$	$C_2(Q-Q_0)(fQ)$	$C_1 (Q_0-Q)/10^3$	$C_2(Q-Q_0)/10^3$
231	0,0048	0,00	0,00	0,0000	0,0000
232	0,0057	-0,01	0,03	-0,0012	0,0050
233	0,0066	-0,02	0,07	-0,0023	0,0099
234	0,0076	-0,03	0,11	-0,0035	0,0149
235	0,0087	-0,04	0,17	-0,0046	0,0198
236	0,0099	-0,06	0,25	-0,0058	0,0248
237	0,0113	-0,08	0,33	-0,0069	0,0297
238	0,0127	-0,10	0,44	-0,0081	0,0347
239	0,0141	-0,13	0,56	-0,0092	0,0396
240	0,0157	-0,16	0,70	-0,0104	0,0446
241	0,0173	-0,20	0,86	-0,0115	0,0495

242	0,0189	-0,24	1,03	-0,0127	0,0545
243	0,0205	-0,28	1,22	-0,0138	0,0594
Сумма ЕСЛИ >0		0,00	5,76		

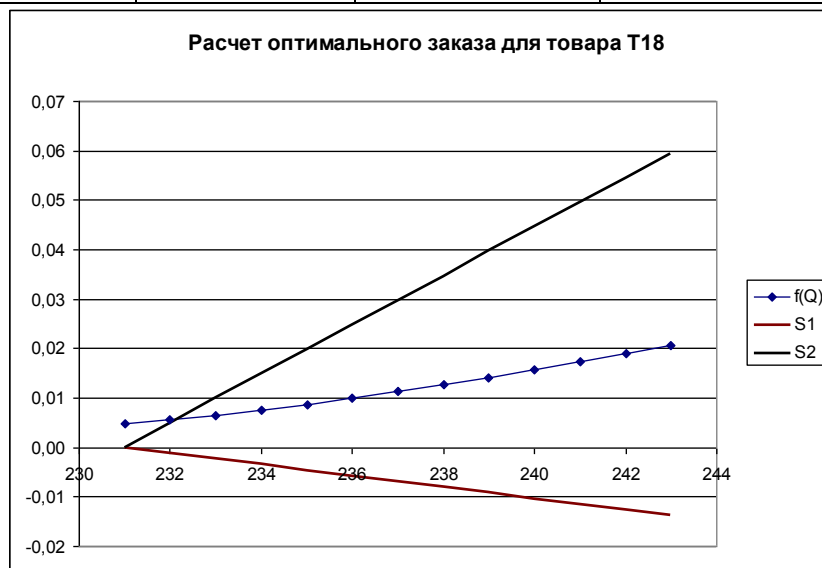


Рис. 15. Поиск оптимального заказа на товар T18

Оптимальный заказ:  $Q_0 = 231$ ; требуемый бюджет  $S_0 = 4862,55$ .

Таблица 18

Расчетная форма для определения издержек по товару T22

Расчёт издержек				Штрафные функции	
$Q$	$f(Q)$	$C_1(Q_0-Q)(fQ)$	$C_2(Q-Q_0)(fQ)$	$C_1 (Q_0-Q)/10^3$	$C_2(Q-Q_0)/10^3$
282	0,0366	0,00	0,00	0,0000	0,0000
283	0,0333	-0,02	0,13	-0,0008	0,0040
284	0,0298	-0,04	0,24	-0,0015	0,0080
285	0,0263	-0,06	0,32	-0,0023	0,0120
286	0,0228	-0,07	0,37	-0,0030	0,0160
287	0,0195	-0,07	0,39	-0,0038	0,0200
288	0,0165	-0,07	0,40	-0,0045	0,0240
289	0,0137	-0,07	0,38	-0,0053	0,0280
290	0,0113	-0,07	0,36	-0,0060	0,0320
291	0,0091	-0,06	0,33	-0,0068	0,0360
292	0,0072	-0,05	0,29	-0,0075	0,0400
293	0,0057	-0,05	0,25	-0,0083	0,0440
294	0,0044	-0,04	0,21	-0,0090	0,0480
Сумма ЕСЛИ >0		0,00	3,66		

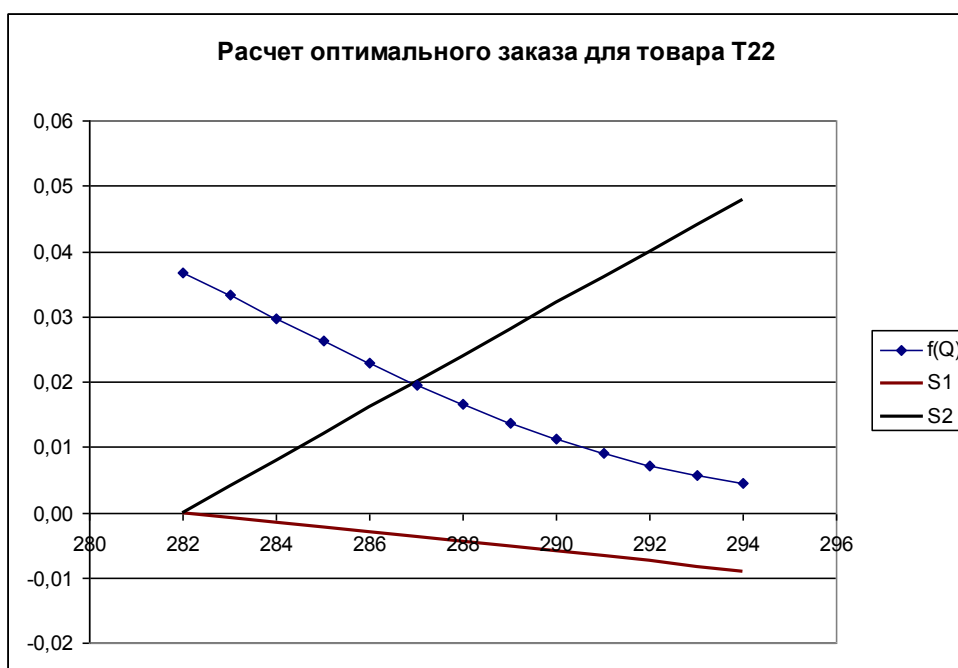


Рис. 16. Поиск оптимального заказа на товар T22

Оптимальный заказ:  $Q_0 = 282$ ; требуемый бюджет  $S_0 = 3102$ .

Таблица 19

Расчетная форма для определения издержек по товару T20

Расчёт издержек				Штрафные функции	
$Q$	$f(Q)$	$C_1(Q_0-Q)(fQ)$	$C_2(Q-Q_0)(fQ)$	$C_1 (Q_0-Q)/10^3$	$C_2(Q-Q_0)/10^3$
290	0,0039	0,00	0,00	0,0000	0,0000
291	0,0050	0,00	0,01	-0,0006	0,0028
292	0,0064	-0,01	0,04	-0,0011	0,0056
293	0,0079	-0,01	0,07	-0,0017	0,0084
294	0,0098	-0,02	0,11	-0,0022	0,0112
295	0,0119	-0,03	0,17	-0,0028	0,0140
296	0,0142	-0,05	0,24	-0,0034	0,0168
297	0,0168	-0,07	0,33	-0,0039	0,0196
298	0,0197	-0,09	0,44	-0,0045	0,0224
299	0,0227	-0,11	0,57	-0,0050	0,0252
300	0,0258	-0,14	0,72	-0,0056	0,0280
301	0,0290	-0,18	0,89	-0,0062	0,0308
302	0,0321	-0,22	1,08	-0,0067	0,0336
303	0,0351	-0,26	1,28	-0,0073	0,0364
Сумма ЕСЛИ >0		0,47	0,00		

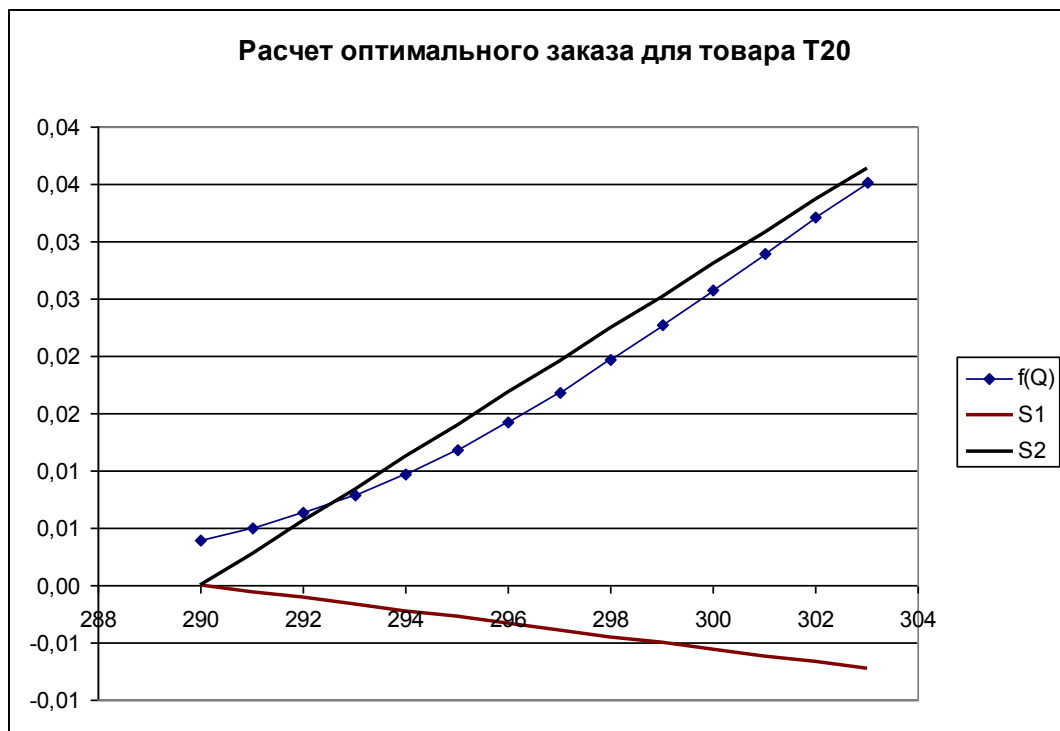


Рис. 17. Поиск оптимального заказа на товар T20

Оптимальный заказ:  $Q_0 = 290$ ; требуемый бюджет  $S_0 = 2088$ .

Таблица 20

Расчетная форма для определения издержек по товару T23

Расчёт издержек				Штрафные функции	
$Q$	$f(Q)$	$C_1(Q_0-Q)(fQ)$	$C_2(Q-Q_0)(fQ)$	$C_1 (Q_0-Q)/10^3$	$C_2(Q-Q_0)/10^3$
211	0,0634	0,82	-2,22	0,0130	-0,0350
212	0,0535	0,59	-1,60	0,0111	-0,0300
213	0,0432	0,40	-1,08	0,0093	-0,0250
214	0,0335	0,25	-0,67	0,0074	-0,0200
215	0,0249	0,14	-0,37	0,0056	-0,0150
216	0,0177	0,07	-0,18	0,0037	-0,0100
217	0,0121	0,02	-0,06	0,0019	-0,0050
218	0,0079	0,00	0,00	0,0000	0,0000
Сумма ЕСЛИ >0		2,29	0,00		



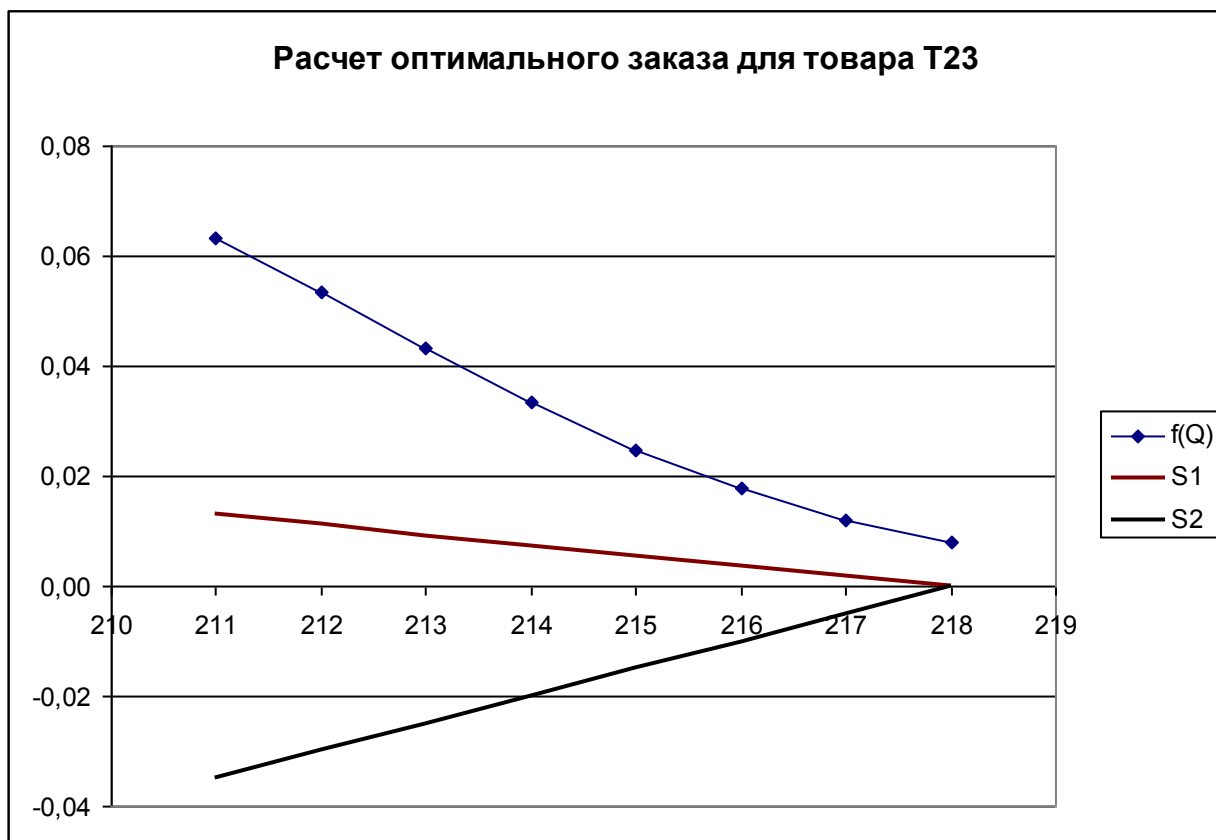


Рис. 18 Поиск оптимального заказа на товар T23

Оптимальный заказ:  $Q_0 = 218$ ; требуемый бюджет  $S_0 = 6758$ .

Таблица 21

Расчетная форма для определения издержек по товару T17

Расчёт издержек				Штрафные функции	
$Q$	$f(Q)$	$C_1(Q_0-Q)(fQ)$	$C_2(Q-Q_0)(fQ)$	$C_1(Q_0-Q)/10^3$	$C_2(Q-Q_0)/10^3$
164	0,0322	0,42	-2,11	0,0130	-0,0657
165	0,0294	0,35	-1,78	0,0120	-0,0606
166	0,0265	0,29	-1,47	0,0110	-0,0556
167	0,0236	0,24	-1,19	0,0100	-0,0505
168	0,0208	0,19	-0,95	0,0090	-0,0455
169	0,0181	0,14	-0,73	0,0080	-0,0404
170	0,0156	0,11	-0,55	0,0070	-0,0354
171	0,0133	0,08	-0,40	0,0060	-0,0303
172	0,0111	0,06	-0,28	0,0050	-0,0253
173	0,0092	0,04	-0,19	0,0040	-0,0202
174	0,0076	0,02	-0,11	0,0030	-0,0152
175	0,0061	0,01	-0,06	0,0020	-0,0101

176	0,0049	0,00	-0,02	0,0010	-0,0051
177	0,0039	0,00	0,00	0,0000	0,0000
Сумма ЕСЛИ >0		4,34	0,00		

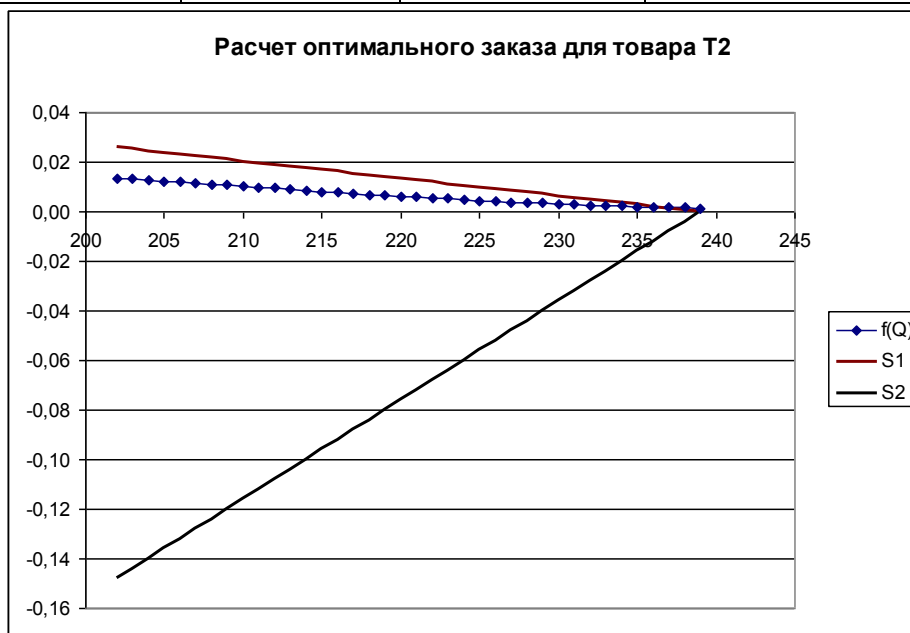


Рис. 19. Поиск оптимального заказа на товар T2

Оптимальный заказ:  $Q_0 = 239$ ; требуемый бюджет  $S_0 = 2151$ .

Таблица 22

Расчетная форма для определения издержек по товару T17

Расчёт издержек				Штрафные функции	
$Q$	$f(Q)$	$C_1(Q_0-Q)(fQ)$	$C_2(Q-Q_0)(fQ)$	$C_1(Q_0-Q)/10^3$	$C_2(Q-Q_0)/10^3$
142	0,0338	0,43	-2,58	0,0127	-0,0765
143	0,0313	0,37	-2,24	0,0118	-0,0714
144	0,0288	0,32	-1,91	0,0110	-0,0663
145	0,0261	0,27	-1,60	0,0101	-0,0612
146	0,0235	0,22	-1,32	0,0093	-0,0561
147	0,0209	0,18	-1,06	0,0085	-0,0510
148	0,0183	0,14	-0,84	0,0076	-0,0459
149	0,0159	0,11	-0,65	0,0068	-0,0408
150	0,0137	0,08	-0,49	0,0059	-0,0357
151	0,0116	0,06	-0,36	0,0051	-0,0306
152	0,0098	0,04	-0,25	0,0042	-0,0255

153	0,0081	0,03	-0,17	0,0034	-0,0204
154	0,0067	0,02	-0,10	0,0025	-0,0153
155	0,0054	0,01	-0,06	0,0017	-0,0102
156	0,0044	0,00	-0,02	0,0008	-0,0051
157	0,0035	0,00	0,00	0,0000	0,0000
Сумма ЕСЛИ >0		1,95	0,00		

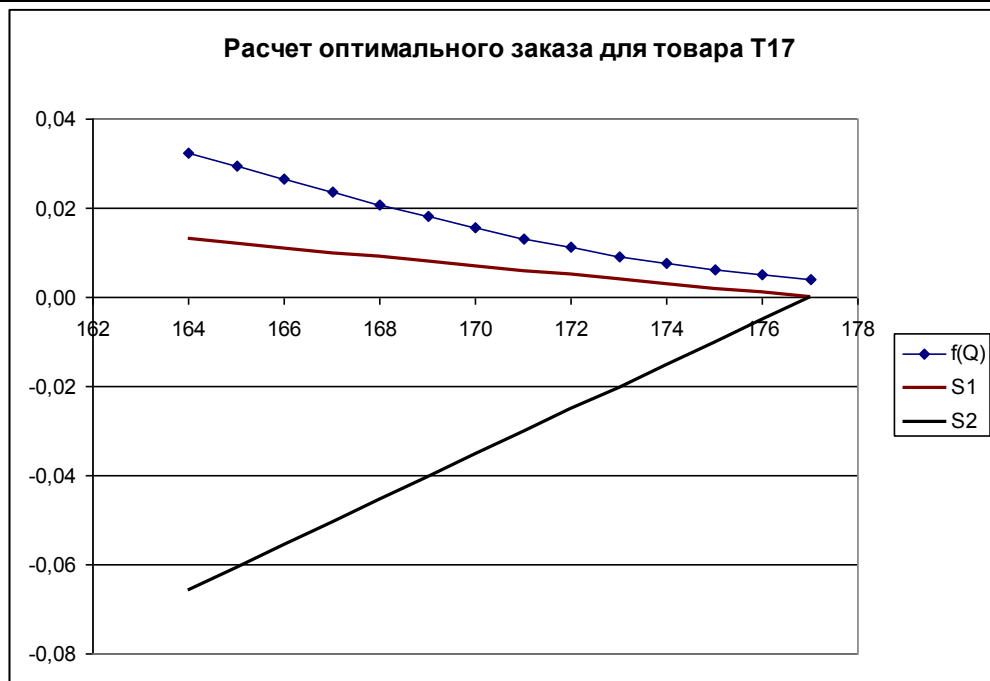


Рис. 20. Поиск оптимального заказа на товар Т17

Оптимальный заказ:  $Q_0 = 177$  ; требуемый бюджет  $S_0 = 3177,15$  .

Таблица 23

Расчетная форма для определения издержек по товару Т24

Расчёт издержек				Штрафные функции	
$Q$	$f(Q)$	$C_1(Q_0-Q)(fQ)$	$C_2(Q-Q_0)(fQ)$	$C_1 (Q_0-Q)/10^3$	$C_2(Q-Q_0)/10^3$
176	0,0066	0,04	-0,24	0,0054	-0,0360
177	0,0078	0,04	-0,25	0,0048	-0,0320
178	0,0092	0,04	-0,26	0,0042	-0,0280
179	0,0107	0,04	-0,26	0,0036	-0,0240
180	0,0123	0,04	-0,25	0,0030	-0,0200
181	0,0141	0,03	-0,23	0,0024	-0,0160
182	0,0160	0,03	-0,19	0,0018	-0,0120

183	0,0179	0,02	-0,14	0,0012	-0,0080
184	0,0200	0,01	-0,08	0,0006	-0,0040
185	0,0220	0,00	0,00	0,0000	0,0000
Сумма ЕСЛИ >0		0,28	0,00		

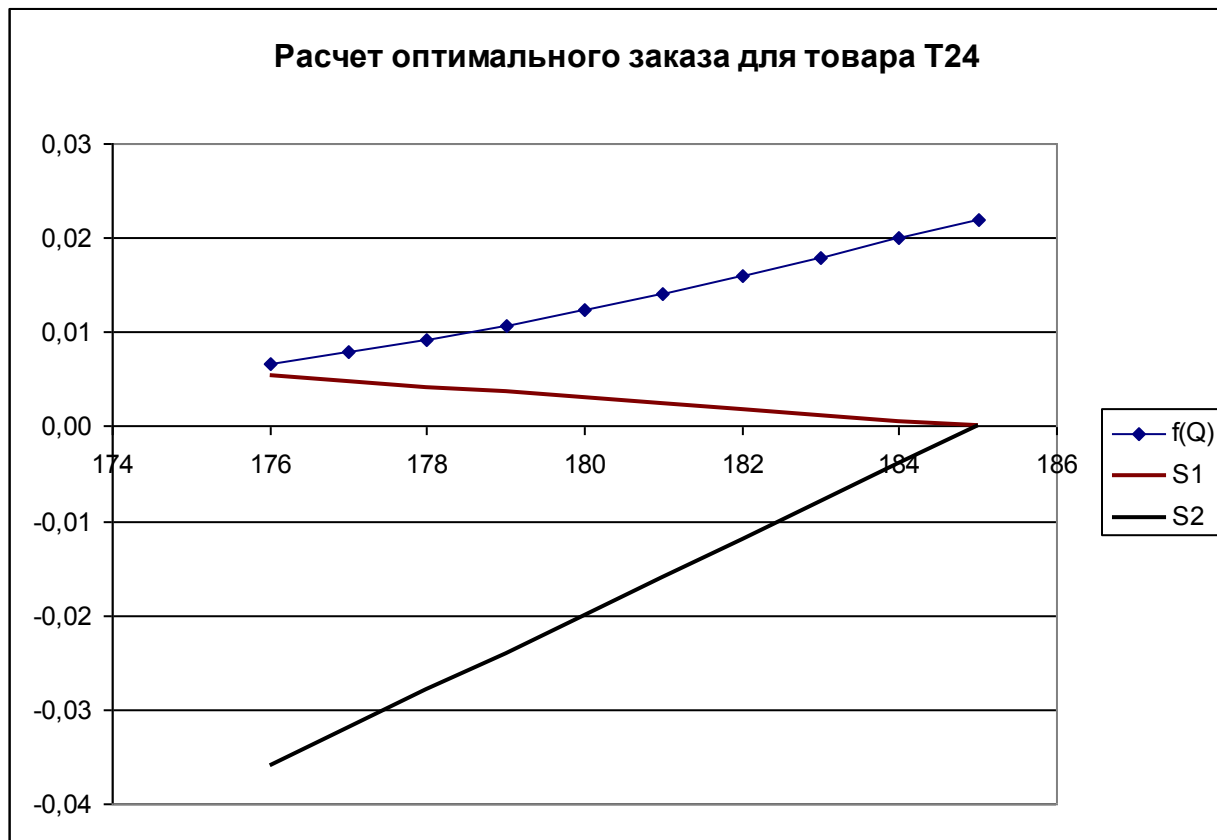


Рис. 21. Поиск оптимального заказа на товар T24

Оптимальный заказ:  $Q_0 = 185$  ; требуемый бюджет  $S_0 = 1480$  .

Таблица 24

Расчетная форма для определения издержек по товару T10

Расчёт издержек				Штрафные функции	
$Q$	$f(Q)$	$C_1(Q_0-Q)(fQ)$	$C_2(Q-Q_0)(fQ)$	$C_1(Q_0-Q)/10^3$	$C_2(Q-Q_0)/10^3$
210	0,0014	0,02	-0,10	0,0126	-0,0690
211	0,0019	0,02	-0,12	0,0121	-0,0660
212	0,0024	0,03	-0,15	0,0115	-0,0630
213	0,0031	0,03	-0,19	0,0110	-0,0600
214	0,0040	0,04	-0,23	0,0104	-0,0570
215	0,0050	0,05	-0,27	0,0099	-0,0540
216	0,0062	0,06	-0,32	0,0093	-0,0510
217	0,0077	0,07	-0,37	0,0088	-0,0480

218	0,0093	0,08	-0,42	0,0082	-0,0450
219	0,0111	0,09	-0,47	0,0077	-0,0420
220	0,0132	0,09	-0,52	0,0071	-0,0390
221	0,0155	0,10	-0,56	0,0066	-0,0360
222	0,0179	0,11	-0,59	0,0060	-0,0330
223	0,0206	0,11	-0,62	0,0055	-0,0300
224	0,0233	0,12	-0,63	0,0049	-0,0270
225	0,0261	0,11	-0,63	0,0044	-0,0240
226	0,0288	0,11	-0,61	0,0038	-0,0210
227	0,0315	0,10	-0,57	0,0033	-0,0180
228	0,0341	0,09	-0,51	0,0027	-0,0150
229	0,0365	0,08	-0,44	0,0022	-0,0120
230	0,0385	0,06	-0,35	0,0016	-0,0090
231	0,0403	0,04	-0,24	0,0011	-0,0060
232	0,0416	0,02	-0,12	0,0005	-0,0030
233	0,0424	0,00	0,00	0,0000	0,0000
Сумма ЕСЛИ >0		1,65	0,00		

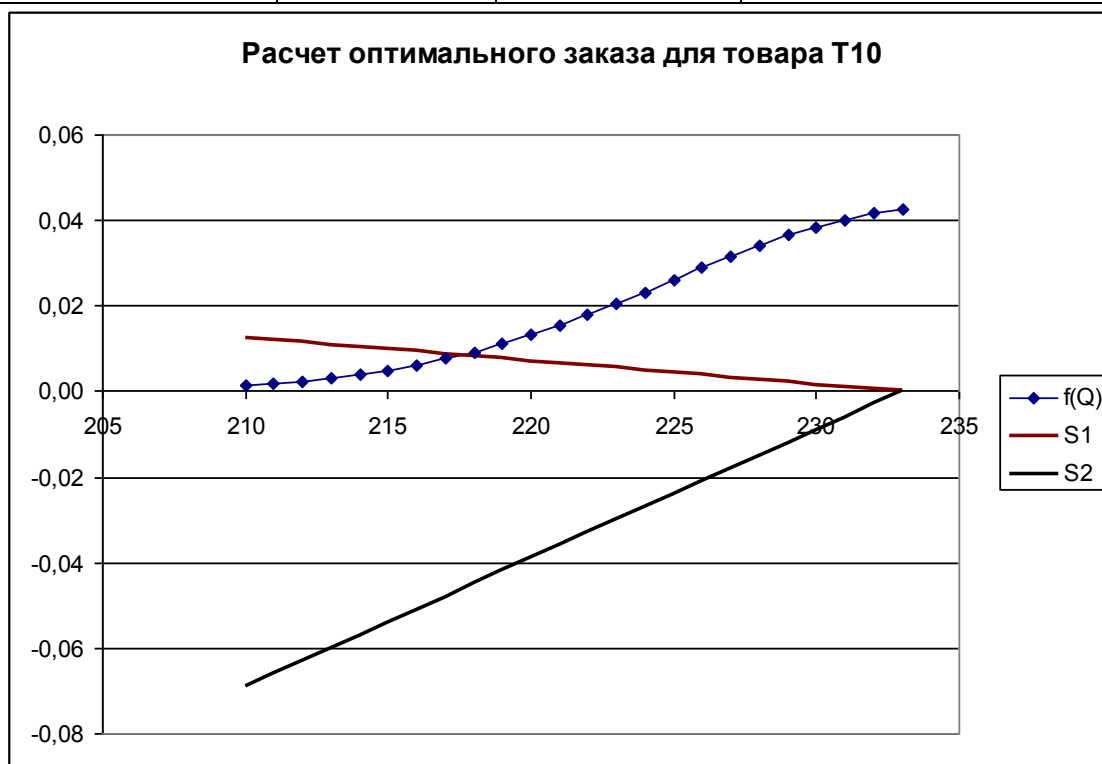


Рис. 22. Поиск оптимального заказа на товар T10

Оптимальный заказ:  $Q_0 = 233$ ; требуемый бюджет  $S_0 = 1631$ .

Таблица 25

Расчетная форма для определения издержек по товару T26

Расчёт издержек				Штрафные функции	
$Q$	$f(Q)$	$C_1(Q-Q_0)(fQ)$	$C_2(Q-Q_0)(fQ)$	$C_1 (Q-Q_0)/10^3$	$C_2(Q-Q_0)/10^3$
133	0,0336	0,36	-1,34	0,0108	-0,0400
134	0,0297	0,28	-1,04	0,0095	-0,0350
135	0,0258	0,21	-0,77	0,0081	-0,0300
136	0,0221	0,15	-0,55	0,0068	-0,0250
137	0,0186	0,10	-0,37	0,0054	-0,0200
138	0,0154	0,06	-0,23	0,0041	-0,0150
139	0,0125	0,03	-0,13	0,0027	-0,0100
140	0,0101	0,01	-0,05	0,0014	-0,0050
141	0,0079	0,00	0,00	0,0000	0,0000
Сумма ЕСЛИ >0		1,21	0,00		

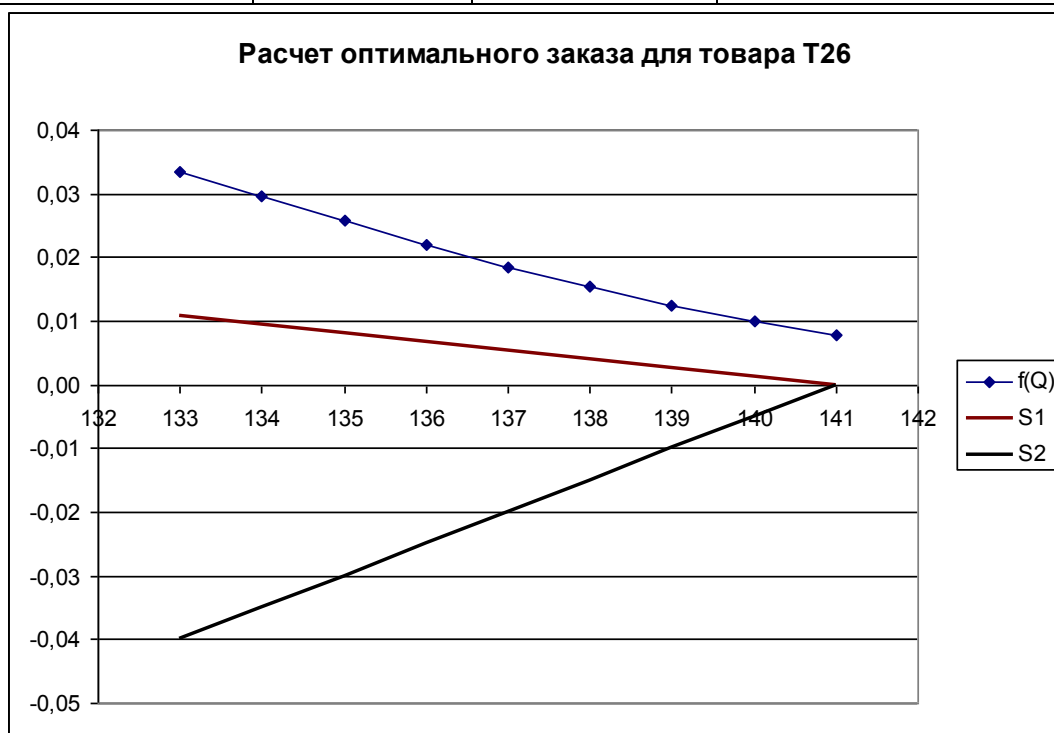


Рис. 23. Поиск оптимального заказа на товар T26

Оптимальный заказ:  $Q_0 = 141$ ; требуемый бюджет  $S_0 = 2961$ .

Таблица 26

Расчетная форма для определения издержек по товару Т9

Расчёт издержек				Штрафные функции	
$Q$	$f(Q)$	$C_1(Q_0-Q)(fQ)$	$C_2(Q-Q_0)(fQ)$	$C_1(Q_0-Q)/10^3$	$C_2(Q-Q_0)/10^3$
118	0,0478	0,81	-4,87	0,0169	-0,1020
119	0,0465	0,75	-4,51	0,0161	-0,0969
120	0,0446	0,68	-4,09	0,0152	-0,0918
121	0,0421	0,61	-3,65	0,0144	-0,0867
122	0,0392	0,53	-3,20	0,0135	-0,0816
123	0,0360	0,46	-2,75	0,0127	-0,0765
124	0,0326	0,39	-2,32	0,0118	-0,0714
125	0,0290	0,32	-1,92	0,0110	-0,0663
126	0,0255	0,26	-1,56	0,0101	-0,0612
127	0,0220	0,20	-1,24	0,0093	-0,0561
128	0,0188	0,16	-0,96	0,0085	-0,0510
129	0,0158	0,12	-0,72	0,0076	-0,0459
130	0,0131	0,09	-0,53	0,0068	-0,0408
131	0,0107	0,06	-0,38	0,0059	-0,0357
132	0,0086	0,04	-0,26	0,0051	-0,0306
133	0,0068	0,03	-0,17	0,0042	-0,0255
134	0,0053	0,02	-0,11	0,0034	-0,0204
135	0,0041	0,01	-0,06	0,0025	-0,0153
136	0,0031	0,01	-0,03	0,0017	-0,0102
137	0,0023	0,00	-0,01	0,0008	-0,0051
138	0,0017	0,00	0,00	0,0000	0,0000
Сумма ЕСЛИ >0		5,53	0,00		

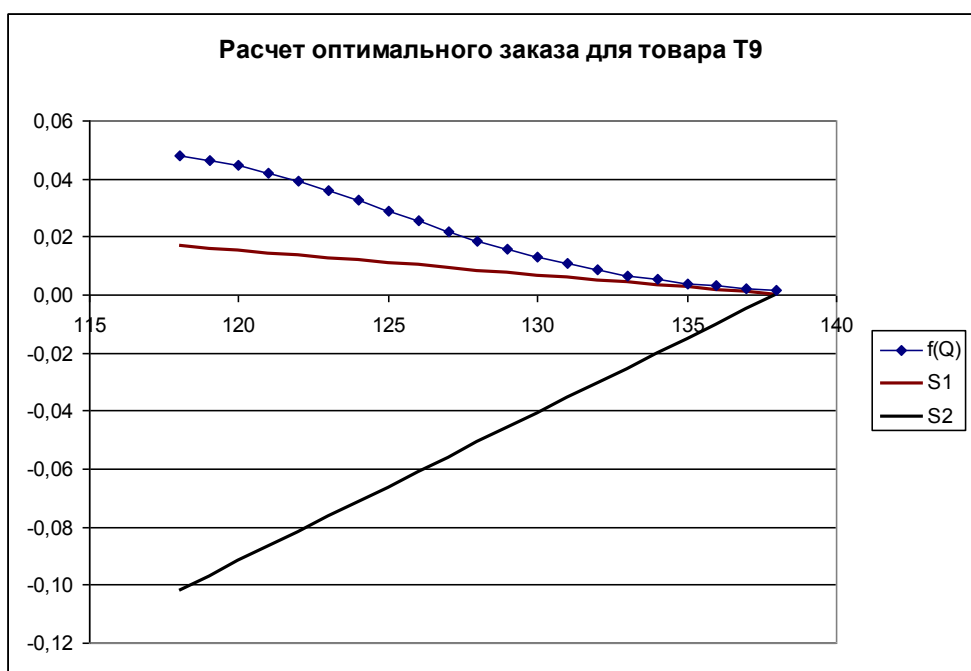


Рис. 24. Поиск оптимального заказа на товар Т9

Оптимальный заказ:  $Q_0 = 138$  ; требуемый бюджет  $S_0 = 1780,20$  .

Таблица 27

Расчетная форма для определения издержек по товару Т2

Расчёт издержек				Штрафные функции	
$Q$	$f(Q)$	$C_1(Q_0-Q)(fQ)$	$C_2(Q-Q_0)(fQ)$	$C_1 (Q_0-Q)/10^3$	$C_2(Q-Q_0)/10^3$
202	0,0135	0,48	-1,50	0,0352	-0,1110
203	0,0132	0,45	-1,42	0,0342	-0,1080
204	0,0128	0,42	-1,34	0,0333	-0,1050
205	0,0124	0,40	-1,26	0,0323	-0,1020
206	0,0120	0,38	-1,18	0,0314	-0,0990
207	0,0116	0,35	-1,11	0,0304	-0,0960
208	0,0111	0,33	-1,04	0,0295	-0,0930
209	0,0107	0,31	-0,96	0,0285	-0,0900
210	0,0103	0,28	-0,89	0,0276	-0,0870
211	0,0099	0,26	-0,83	0,0266	-0,0840
212	0,0094	0,24	-0,76	0,0257	-0,0810
213	0,0090	0,22	-0,70	0,0247	-0,0780
214	0,0086	0,20	-0,64	0,0238	-0,0750
215	0,0082	0,19	-0,59	0,0228	-0,0720



216	0,0078	0,17	-0,54	0,0219	-0,0690
217	0,0074	0,15	-0,49	0,0209	-0,0660
218	0,0070	0,14	-0,44	0,0200	-0,0630
219	0,0066	0,13	-0,40	0,0190	-0,0600
220	0,0062	0,11	-0,35	0,0181	-0,0570
221	0,0059	0,10	-0,32	0,0171	-0,0540
222	0,0055	0,09	-0,28	0,0162	-0,0510
223	0,0052	0,08	-0,25	0,0152	-0,0480
224	0,0048	0,07	-0,22	0,0143	-0,0450
225	0,0045	0,06	-0,19	0,0133	-0,0420
226	0,0042	0,05	-0,16	0,0124	-0,0390
227	0,0039	0,04	-0,14	0,0114	-0,0360
228	0,0037	0,04	-0,12	0,0105	-0,0330
229	0,0034	0,03	-0,10	0,0095	-0,0300
230	0,0031	0,03	-0,09	0,0086	-0,0270
231	0,0029	0,02	-0,07	0,0076	-0,0240
232	0,0027	0,02	-0,06	0,0067	-0,0210
233	0,0025	0,01	-0,04	0,0057	-0,0180
234	0,0023	0,01	-0,03	0,0048	-0,0150
235	0,0021	0,01	-0,03	0,0038	-0,0120
236	0,0019	0,01	-0,02	0,0029	-0,0090
237	0,0018	0,00	-0,01	0,0019	-0,0060
238	0,0016	0,00	0,00	0,0010	-0,0030
239	0,0015	0,00	0,00	0,0000	0,0000
Сумма ЕСЛИ >0		5,88	0,00		

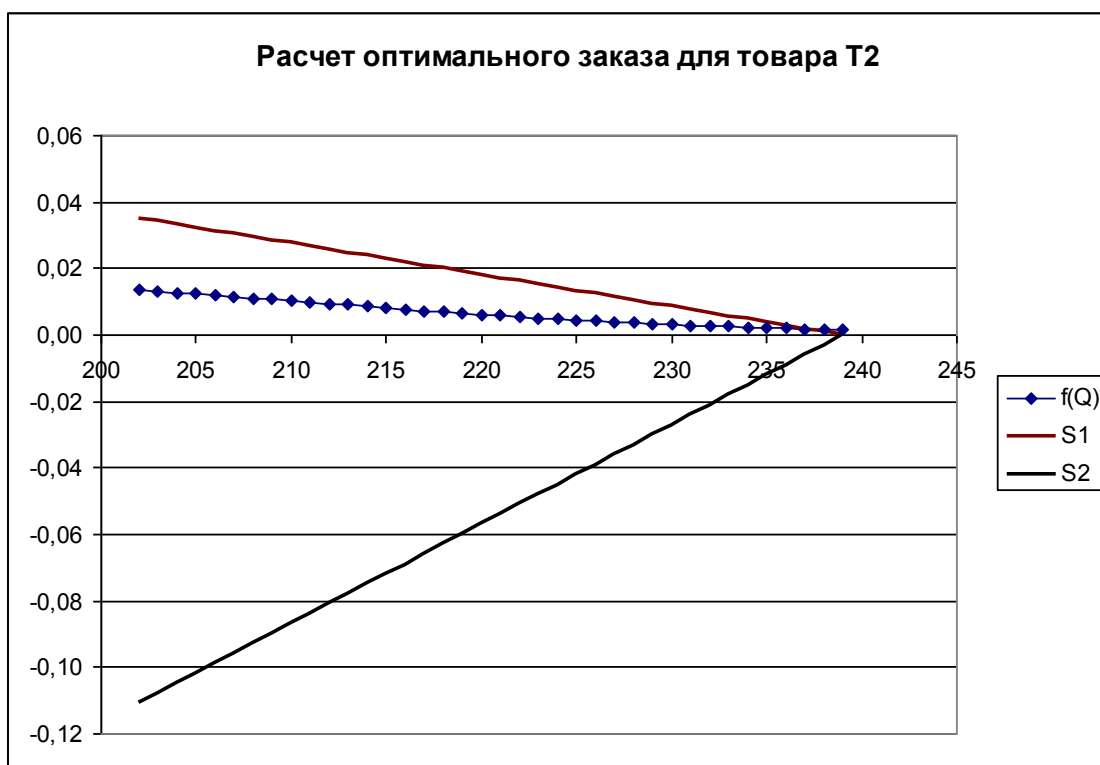


Рис. 25. Поиск оптимального заказа на товар Т2

Оптимальный заказ:  $Q_0 = 239$ ; требуемый бюджет  $S_0 = 3824$ .

Таблица 28

Расчетная форма для определения издержек по товару Т3

Расчёт издержек				Штрафные функции	
$Q$	$f(Q)$	$C_1(Q_0-Q)(fQ)$	$C_2(Q-Q_0)(fQ)$	$C_1 (Q_0-Q)/10^3$	$C_2(Q-Q_0)/10^3$
304	0,0120	0,00	0,00	0,0000	0,0000
305	0,0116	-0,01	0,02	-0,0006	0,0020
306	0,0112	-0,01	0,04	-0,0011	0,0039
307	0,0108	-0,02	0,06	-0,0017	0,0059
308	0,0103	-0,02	0,08	-0,0022	0,0078
309	0,0099	-0,03	0,10	-0,0028	0,0098
310	0,0095	-0,03	0,11	-0,0033	0,0117
311	0,0091	-0,04	0,12	-0,0039	0,0137
312	0,0087	-0,04	0,14	-0,0044	0,0156
313	0,0083	-0,04	0,15	-0,0050	0,0176
314	0,0079	-0,04	0,15	-0,0055	0,0195
315	0,0075	-0,05	0,16	-0,0061	0,0215
316	0,0071	-0,05	0,17	-0,0066	0,0234

317	0,0068	-0,05	0,17	-0,0072	0,0254
318	0,0064	-0,05	0,17	-0,0077	0,0273
319	0,0060	-0,05	0,18	-0,0083	0,0293
320	0,0057	-0,05	0,18	-0,0088	0,0312
321	0,0054	-0,05	0,18	-0,0094	0,0332
322	0,0050	-0,05	0,18	-0,0099	0,0351
323	0,0047	-0,05	0,17	-0,0105	0,0371
324	0,0044	-0,05	0,17	-0,0111	0,0390
325	0,0041	-0,05	0,17	-0,0116	0,0410
326	0,0039	-0,05	0,17	-0,0122	0,0429
327	0,0036	-0,05	0,16	-0,0127	0,0449
328	0,0033	-0,04	0,16	-0,0133	0,0468
329	0,0031	-0,04	0,15	-0,0138	0,0488
330	0,0029	-0,04	0,15	-0,0144	0,0507
331	0,0027	-0,04	0,14	-0,0149	0,0527
332	0,0025	-0,04	0,13	-0,0155	0,0546
333	0,0023	-0,04	0,13	-0,0160	0,0566
334	0,0021	-0,03	0,12	-0,0166	0,0585
335	0,0019	-0,03	0,12	-0,0171	0,0605
336	0,0018	-0,03	0,11	-0,0177	0,0624
Сумма ЕСЛИ >0		0,00	4,41		

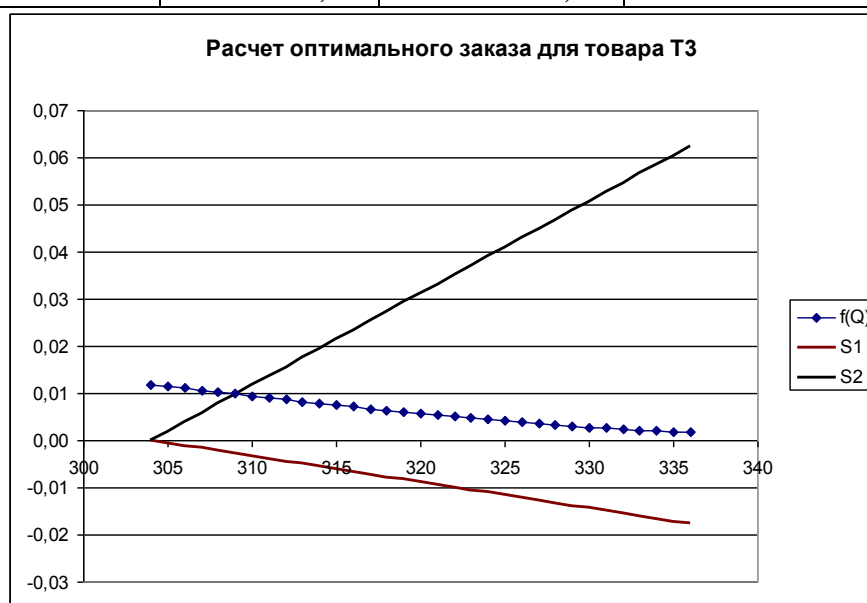


Рис. 26. Поиск оптимального заказа на товар Т3

Оптимальный заказ:  $Q_0 = 304$ ; требуемый бюджет  $S_0 = 1839,20$ .

### 3.3. Определение оптимальных бюджетов товаров

Оптимальными бюджетами товаров группы  $A$  в данном случае считаются бюджеты, необходимые для оплаты оптимальных с позиций хозяйственного риска заказов (то есть при отсутствии ограничений на бюджеты). Иными словами, это желаемые бюджеты, определяемые по формуле

$$S_{0i} = Q_{0i} \cdot C_{ui}. \quad (12)$$

Бюджеты определяются для всех товаров группы  $i=1, 2 \dots m$ , где  $m$  – количество наименований товаров в группе  $A$ .

Представим результаты расчета оптимальных бюджетов в табл.29.

Таблица 29

Результаты расчета желаемых бюджетов

Товар	Оптимальный заказ $Q_0$	Удельные	Требуемый
		издержки $C_u$	бюджет $S_0$
T21	293	5,1	1494,3
T18	231	21,05	4862,55
T22	282	11	3102
T20	290	7,2	2088
T23	218	31	6758
T17	177	17,95	3177,15
T24	185	8	1480
T10	233	7	1631
T26	141	21	2961
T9	138	12,9	1780,2
T2	239	16	3824
T3	304	6,05	1839,2
Сумма:	2731		34997,4

## 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ ЗАКУПОК ТОВАРОВ ГРУППЫ А ПРИ ОГРАНИЧЕННОМ БЮДЖЕТЕ

Определенные на основе минимизации хозяйственного риска бюджеты и портфель заказов необходимо откорректировать исходя из общей коммерческой ценности товаров для компании и запланированного бюджета  $B_A$ .

### 4.1. Определение коммерческой значимости товаров

Под коммерческой значимостью товара понимается его обобщенная ценность, определяемая не только прибыльностью, но и целым рядом других, стратегически важных показателей (перспективность, постоянные клиенты, операционное удобство и т.п.). Эти другие показатели представлены в исходных данных (табл.П1) в виде экспертного рейтинга  $U_i$ . Таким образом, ценность товаров определяется двумя факторами:

- прибыльностью товара  $R$ ;
- экспертным рейтингом товара  $U$ .

Значимость этих факторов для компании  $\xi_R, \xi_U$  устанавливается по таблице исходных данных (табл.П4).

Для корректирования плана закупок с учетом коммерческой ценности товаров используется метод относительных предпочтений (МОП). Суть метода заключается в расчете весовых коэффициентов значимости товаров на основе парных сравнений факторов и товаров.

Общий алгоритм МОП в матричном виде выглядит следующим образом.

#### 1) Формирование матрицы предпочтений факторов.

Имеется  $m$  наименований товаров и  $n=2$  факторов (факторы предпочтения). Показатели значимости факторов  $\xi_R, \xi_U$  сравниваются попарно между собой путем деления значения одного на значение другого. Результаты называются отношениями предпочтения и записываются построчно в виде матрицы с элементами

$$a_{ij} = \frac{\xi_i}{\xi_j} \quad (i=R, U; j=R, U). \quad (13)$$

То есть, матрица отношений предпочтения факторов будет иметь вид

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} \\ a_{21} & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & \xi_R / \xi_U \\ \xi_U / \xi_R & 1 \end{pmatrix}. \quad (14)$$

## 2) Расчет весовых коэффициентов.

Вектор весовых коэффициентов предпочтения факторов

$$G = \{g_i\}_1^n = \begin{pmatrix} g_1 \\ g_2 \\ \dots \\ g_n \end{pmatrix} \quad (15)$$

вычисляется по формуле

$$g_i = \frac{1}{n} \sum_j^n \frac{a_{ij}}{\sum_k^n a_{kj}} \quad (16)$$

при условии  $\sum_i^n g_i = 1$ . В данной формуле  $a_{ij}$  – элементы матрицы парных сравнений.

## 3) Определение матриц предпочтений товаров по факторам.

Сравнивая попарно товары по каждому из факторов и записывая эти сравнения в виде отношений предпочтения (13-14), получим две ( $n=2$ ) матрицы ( $B, D$ ) порядка  $m$  (по количеству факторов):

- матрица предпочтений товаров по прибыльности  $B$

$$B = \{b_{ij}\}_m^m = \begin{pmatrix} 1 & b_{12} & \dots b_{1m} \\ b_{21} & 1 & \dots b_{2m} \\ \dots & \dots & \dots \\ b_{m1} & b_{m2} & \dots 1 \end{pmatrix}, \text{ где } b_{ij} = \frac{R_i}{R_j}; \quad (17)$$

- матрица предпочтений товаров по рейтингу  $D$

$$D = \{d_{ij}\}_m^m = \begin{pmatrix} 1 & d_{12} & \dots d_{1m} \\ d_{21} & 1 & \dots d_{2m} \\ \dots & \dots & \dots \\ d_{m1} & d_{m2} & \dots 1 \end{pmatrix}, \quad (18)$$

где  $d_{ij} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \frac{U_{i,k}}{U_{j,k}}$ ,  $N$  – количество экспертов ( $N=10$ ).

В данном случае  $d_{ij}$  определяется усреднением отношений экспертных оценок. Например:

$$\frac{T1}{T2} \Rightarrow d_{12} = \frac{1}{10} \sum_{k=1}^{10} \frac{U_{1k}}{U_{2k}}, \quad \frac{T1}{T3} \Rightarrow d_{13} = \frac{1}{10} \sum_{k=1}^{10} \frac{U_{1k}}{U_{3k}} \text{ и т.д.}$$

4) Весовые коэффициенты предпочтения товаров по факторам.

Используя для расчетов формулу (16), для матриц (17-18) получим два соответствующих им весовых вектора  $Gb$  и  $Gd$ :

$$Gb = \{gb_i\}_1^m = \begin{pmatrix} gb_1 \\ gb_2 \\ \dots \\ gb_m \end{pmatrix}, \quad Gd = \{gd_i\}_1^m = \begin{pmatrix} gd_1 \\ gd_2 \\ \dots \\ gd_m \end{pmatrix}, \quad (19)$$

из которых формируется агрегированная весовая матрица вариантов решений

$$H = \{h_i\}_2^m = \begin{pmatrix} gb_1 & gd_1 \\ gb_2 & gd_2 \\ \dots & \dots \\ gb_m & gd_m \end{pmatrix}. \quad (20)$$

5) Весовые коэффициенты коммерческой ценности товаров.

Конечное решение задачи определения весов товаров представляет собой вектор  $V$ , определяемый произведением матрицы  $H$  (20) на вектор  $G$  (15)

$$V = \{v_i\}_1^m = H \cdot G = \begin{pmatrix} gb_1 & gd_1 \\ gb_2 & gd_2 \\ \dots & \dots \\ gb_m & gd_m \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} g_1 \\ g_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \dots \\ v_m \end{pmatrix}. \quad (21)$$

Расчетная форма для вычислений весовых коэффициентов по формуле (16) представлена в табл.30. ( $\xi_R = 50$ ;  $\xi_U = 50$ .)

Таблица 30

Расчетная форма для вычисления весовых коэффициентов

$i \downarrow$	Матрица $A \quad j \rightarrow$											
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
$\sum a_{kj}$	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0

Промежуточная матрица и весовые коэффициенты

Промежуточная матрица $a_{ij}/\sum a_{kj}$												Вес $g_i =$
0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00



Таблица 31

Форма представления данных для МОП-анализа

Товар	Прибыльность, R	Рейтинг, U
T21	1829,00	40
T18	1237,50	90
T22	1120,00	55
T20	854,00	30
T23	840,00	70
T17	808,00	88
T24	760,00	80
T10	690,00	90
T26	650,00	35
T9	612	80
T2	600	85
T3	585	90
Значимость фактора:	$\xi_R = 50\%$	$\xi_U = 50\%$

После умножения матриц получим вектор:

(0,125; 0,092; 0,081; 0,061; 0,064; 0,064; 0,060; 0,071; 0,068; 0,237; 0,039; 0,038)

## 4.2. Расчет требуемых бюджетов товаров

Требуемые бюджеты товаров с учетом их коммерческой значимости  $v_i$  вычисляются по формуле

$$B_i = B_A \cdot v_i, \quad (22)$$

где:  $B_A$  – общий бюджет товаров группы  $A$ .

Рассчитанные таким образом бюджеты отличаются от желаемых (оптимальных)  $S_{oi}$ , полученных из модели хозяйственного риска (12), но зато удовлетворяют требованию ограничения на общий бюджет группы  $B_A$ .

## 4.3. Расчет оптимальных бюджетов с учетом ограничений

Для определения оптимальных бюджетов товаров с учетом ограничения на групповой бюджет необходимо решить следующую задачу математического программирования:

$$\text{Минимизировать целевую функцию } F = \sum_{i=1}^m (Z_i - B_i)^2 \rightarrow \min \quad (23)$$

при ограничениях  $\sum_{i=1}^m Z_i = B_A, \quad Z_i \leq S_{0i} \text{ для всех } i=1, 2, \dots, m.$

В модели (23)  $Z_i$  – искомые оптимальные бюджеты  $m$  товаров группы  $A$ . В данной модели бюджеты товаров не превышают оптимальных по риску и корректируются с учетом значимости товаров для компании. Для решения данной задачи необходимо использовать инструмент ПОИСК РЕШЕНИЯ. Расчетная форма для организации вычислений представлена в табл.25.

## 6.4. Расчет объемов закупок с учетом ограничений

Оптимальный план закупок товаров группы  $A$  с учетом ограничения на бюджет рассчитывается после решения задачи (23) по формуле

$$Q_{0i} = \frac{Z_i}{C_{ui}} \quad (24)$$

где  $C_{ui}$  – издержки, связанные с приобретением единицы  $i$ -го товара

Таблица 32. Расчетная форма для оптимизации бюджетов и расчета объемов закупок товаров

Общий бюджет товаров группы $A$					$B_A =$	21201,41
Товар	$C_{ui}$	$B_i$	$S_{0i}$	$Z_i$	$(Z_i - B_i)^2$	$Q_{0i} = Z_i / C_{ui}$
T21	5,1	3416,30	17423	3416,30	0,00	669,86
T18	21,05	2507,33	52779	2507,33	0,00	119,11
T22	11	2210,69	24318	2210,69	0,00	200,97
T20	7,2	1679,25	12091	1679,25	0,00	233,23
T23	31	1758,02	54498	1758,02	0,00	56,71
T17	17,95	1748,35	31383	1748,35	0,00	97,40
T24	8	1643,44	13148	1643,44	0,00	205,43
T10	7	1935,46	13548	1935,46	0,00	276,49

T26	21	1865,26	39170	1865,26	0,00	88,82
T9	12,9	6473,72	83511	6473,72	0,00	501,84
T2	16	1053,05	16849	1053,05	0,00	65,82
T3	6,05	1026,73	6211,7	1026,73	0,00	169,71

$$F = \sum_{i=1}^m (Z_i - B_i)^2 = 0,00$$

Таким образом, в последнем столбце таблицы получен оптимальный план закупок товаров группы А.

## Литература

1. Дьяконов В.П. Энциклопедия Math Cad 2001 I и Math Cad 11. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004.
2. Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов / В.И. Сергеев и др. – М.: ИНФРА-М, 2004. – 976 с.
3. Микони С.В. Теория и практика рационального выбора. – М.: Маршрут, 2004. - 463 с.
4. Мур Дж., Уэдерфорд Л. Экономическое моделирование в Microsoft Excel – Изд. Дом Вильямс, 2004.
5. Решение экономических задач на компьютере. /А.В. Каплан и др. – М.: ДМК Пресс, СПб.: Питер, 2004. – 600 с.
6. Рыжиков Ю.И. Теория очередей и управление запасами. – СПб.: Питер, 2001. – 384 с.
7. Сток Д.Р., Ламберт В.М. Стратегическое управление логистикой – М.: ИНФРА-М, 2005. - 797 с.
8. Фомин Г.П. Математические методы и модели в коммерческой деятельности (учебник) - М.: Финансы и статистика, 2001.
9. Шикин Е.Б., Чхартишвили А.Г. Математические методы и модели в управлении (учебное пособие) - М.: Дело, 2000.