

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ

**Федеральное государственное образовательное бюджетное
учреждение высшего профессионального образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ
им. проф. М. А. БОНЧ-БРУЕВИЧА»**

В. В. Ананишнов, И. Б. Щербаков

ЛОГИСТИКА

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

СПбГУТ)))

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2013**

УДК 339.18(077)
ББК 65.40я73
А64

Рецензент
кандидат экономических наук,
профессор кафедры информационных технологий в экономике
Санкт-Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
М. Б. Вольфсон

*Рекомендованы к печати
редакционно-издательским советом СПбГУТ*

Ананишнов, В. В.
А64 Логистика : методические указания по выполнению контрольных работ / В. В. Ананишнов, И. Б. Щербаков ; СПбГУТ. – СПб., 2013. – 36 с.

Методические указания по дисциплине «Логистика» содержат задания со ста вариантами для выполнения контрольной работы, где номер варианта определяется по последним двум цифрам студенческого билета, список литературы.

Методические указания предназначены для студентов, заочной формы обучения по направлению (специальности) 080200.62 «Менеджмент».

**УДК 339.18(077)
ББК 65.40я73**

© Ананишнов В. В., Щербаков И. Б., 2013
© Федеральное государственное образовательное
бюджетное учреждение высшего профессионального
образования «Санкт-Петербургский государственный
университет телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича», 2013

СОДЕРЖАНИЕ

Задание 1.....	4
Задание 2.....	14
Задание 3.....	19
Задание 4.....	30
Список литературы.....	36

ЗАДАНИЕ 1. Определение оптимального объема партии поставки

Одна из важнейших задач логистики – надежное материальное обеспечение производства необходимыми ресурсами.

Поскольку при этом, с одной стороны, надо обеспечивать непрерывность производственных циклов, а с другой, – сглаживать конъюнктурные колебания на готовую продукцию, то появляется надобность образования материальных запасов на складах предприятия.

Частная задача. В процессе производства запас расходуется и его надо пополнять. Для этого его следует сделать заказ, исходя из общей потребности предприятия на данный вид ресурса (или все ресурсы) в каком-то промежутке времени (месяц, квартал, год или на время, пока данный ресурс будет использоваться для выпуска определенного вида продукции).

Каждый такой заказ сопровождается издержками, связанными с самим заказом на ресурсы, организацией транспортировки и погрузочно-разгрузочных работ, самой транспортировки, организации приемки на склад и т. д. С учетом этих издержек предприятию выгодно сделать один заказ на весь объем необходимых ресурсов и сразу все перевезти на свои склады и хранить их там в течение всего срока.

Однако ресурсы, поступившие на склады, вызывают появление издержек хранения запаса, которые связаны с содержанием складских площадей, обслуживающего персонала, утратами и порчей ресурсов и т. п., поэтому предприятию выгодно иметь как можно меньший объем запасов, так как его хранение обойдется дешевле.

На практике ресурсы заказываются и поставляются отдельными партиями, при этом, чем больше партий, тем выше издержки выполнения заказа, но небольшие объемы запасаемых ресурсов на складах предприятий снижают издержки их хранения.

Сама задача. Задачей расчета величины заказа ресурсов является определение оптимального (с точки зрения издержек) объема партии ресурсов, поступающей на склад предприятия в рамках рассчитанной потребности в них на определенный период.

Издержки заказа от величины партии практически не зависят, поэтому носят название постоянных. Зато затраты на складирование относятся к переменным и меняются они прямо пропорционально величине обрабатываемой партии.

При выборе экономичного объема партии заказа эти противоположные тенденции учитываются и оптимальный объем партии поставок определяется минимумом суммарных затрат.

Комплексные затраты, связанные с перемещением и хранением ресурсов определяется из следующего соотношения:

$$I_k = k_1 Q S E_n + OR(a + b/Q) + 20(a_1 + b_1/Q) + ORE_n (a_2 + b_2/Q) + \\ + k_2 Q (I_{xp} + E_n \times K_{xp}) + (ORSE_n) / [d \times t \times \lg(1 + Q)] \rightarrow \min,$$

где I_k – комплексные издержки, Q – объем партии поставок, тонны, S – стоимость 1 тонны ресурсов, *денежные единицы* (д. е.), O – объем перевозок – общая потребность предприятия в ресурсах за данный промежуток времени (год), R – среднее расстояние перевозки от поставщиков до склада предприятия, км, t – коэффициент, корректирующий изменение скорости доставки в зависимости от величины партии и расстояния перевозки, I_{xp} – годовые переменные текущие затраты на хранение 1 тонны ресурсов, (д. е.), K_{xp} – соответствующие единовременные затраты на их хранение, a – переменные текущие транспортные расходы на 1 тонно-км, (д. е.), a_1 – переменные расходы на погрузку-разгрузку 1 тонны ресурсов, (д. е.), a_2 – переменные единовременные транспортные расходы на 1 тонно-км, (д. е.), b – условно-постоянные транспортные расходы на 1 тонно-км, (д. е.), b_1 – условно-постоянные расходы на погрузку-разгрузку 1 тонны ресурсов, (д. е.), b_2 – условно-постоянные единовременные транспортные расходы на 1 тонно-км, (д. е.), d – количество рабочих дней (дней поставок) в году (268–365), k_1 и k_2 – поправочные коэффициенты, E_n – нормативный коэффициент экономической эффективности (принимается в пределах 0,12–0,15).

Минимизируя затраты I_k , можно определить оптимальный размер партии поставок.

Пример решения задачи. Исходные данные:

$O = 1000$ тонн, $S = 12,0$ и $50,0$ (для двух видов ресурсов), $R = 17,8$ км, $t = 120,0$, $I_{xp} = 7,64$ и $6,3$ (для двух видов ресурсов), $K_{xp} = 13,2$ и $9,4$ соответственно, $a = 0,03269$, $a_1 = 0,171$, $a_2 = 0,00049$, $b = 0,06257$, $b_1 = 4,968$, $b_2 = 0,00496$, $d = 300$, $k_1 = 1,4$, $k_2 = 1,4$, $E_n = 0,15$.

Надо найти оптимальный размер партии для ресурсов двух видов стоимостью 12,0 д. е. и 50,0 д. е.

Рекомендуемая методика решения задачи.

1. Расчетная формула путем подстановки численных значений упрощается с тем, чтобы в ней оставался неизвестным объем партии поставок Q .

Для ресурсов стоимостью 12,0 д. е. (Q_{12}):

$$I_k(12,0) = 1,4 \times Q_{12} \times 12,0 \times 0,15 + 1000 \times 17,8 \times (0,03269 + 0,06257/Q_{12}) + \\ + 20 \times (0,171 + 968/Q_{12}) + 1000 \times 17,8 \times 0,15 \times (0,00049 + 0,00496/Q_{12}) + \\ + 1,4 \times Q_{12} \times (7,64 \times 0,15 \times 13,2) + 1000 \times 7,8 \times 12,0 \times 0,15 / [300 \times 120,0 \times \lg(1 + Q_{12})] = \\ = 2,52 \times Q_{12} + 17800 \times (0,03269 + 0,06257/Q_{12}) + 20 \times (0,171 + 4,968/Q_{12}) + \\ + 2670 \times (0,00049 + 0,00496/Q_{12}) + 13,468 \times Q_{12} + 0,89 / \lg(1 + Q_{12}).$$

Следует заметить, что второе, третье и четвертое слагаемые в формуле от стоимости и затрат на хранение не зависят, поэтому они будут одинаковыми для первого и второго видов ресурсов; обозначим их так: (2), (3) и (4).

Тогда для ресурсов стоимостью 50,0 д. е. издержки составят:

$$I_k(50,0) = 10,5 \times Q_{50} + (2) + (3) + (4) + 10,794 \times Q_{12} + 3,423 / \lg(1 + Q_{50}).$$

Для нахождения минимума затрат вначале лучше укрупнено определить область, где этот минимум находится, а затем делать точные (до полной тонны) расчеты. Отыскание минимума удобно вести в расчетных табл. 1 и 2 (с точностью до первого знака после запятой). В них цифрами от 1 до 6 отмечены столбцы слагаемых в расчетной формуле.

Таблица 1

Расчетная таблица для ресурса стоимостью 12,0 д.е.

Q_{12}	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	$I_k(12,0)$
2	5,0	1138,8	53,1	7,9	27,0	1,8	1234,0
5	12,6	804,6	23,3	4,0	67,3	1,1	913,0
10	25,2	693,3	13,6	2,6	134,7	0,9	870,0
15	37,8	656,1	10,0	2,2	202,0	0,8	909,0
20	50,4	637,6	8,4	2,0	269,4	0,7	969,0
8	20,2	721,1	15,8	3,0	107,7	1,0	869,0
9	22,7	705,6	14,5	2,8	112,2	0,9	859,0
11	27,7	683,1	12,5	2,5	148,1	0,9	874,0

Таблица 2

Расчетная таблица для ресурса стоимостью 50,0 д. е.

Q_{12}	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	$I_k(50,0)$
2	21,0	1138,8	53,1	7,9	21,6	7,1	1250,0
5	52,5	804,6	23,3	4,0	54,0	4,0	942,0
10	105,0	693,3	13,6	2,6	107,9	3,1	925,0
15	157,5	656,1	10,0	2,2	161,9	2,7	990,0
20	210,0	637,6	8,4	2,0	215,8	2,4	1076,0
7	73,5	721,1	15,8	3,0	75,6	3,8	915,0
8	84,0	705,6	14,5	2,8	86,4	3,6	914,0
9	94,5	683,1	12,5	2,5	97,1	3,4	918,0

Грубый расчет производится с интервалами (для данной задачи) в 2, 5, 10, 15 и 20 тонн. При вычислениях по индивидуальным заданиям эти интервалы могут быть иными, особенно в случае, когда оптимальная партия поставок достигает большой величины (практически до 40 тонн, может

быть и больше), здесь грубый расчет можно вести с интервалом 10 тонн. После определения области минимальных затрат точный расчет производится в той же таблице (под чертой). Таблица логарифмов (табл. 3.4) приведена после индивидуальных заданий.

Таким образом, для заказа первого вида ресурсов оптимальной партией поставки будет **9** тонн.

Примечание. На практике данный расчет служит лишь отправной точкой для деятельности логистического отдела. После этого надо выбрать транспорт. 9 тонн – не слишком удобное число, поскольку транспорт общего пользования может не иметь такой грузоподъемности, а например, 5 и 10 тонн, так что следует решить и этот вопрос.

Для второго вида ресурсов оптимальная партия поставок равна **8** тоннам.

Вариант индивидуального задания берется по двум последним цифрам номера зачетной книжки из табл. 3.

Таблица 3

Таблица заданий

№	O	R	I_{xp}	a	b	d
	S	t	K_{xp} E_n	a_1 a_2	b_1 b_2	k_1 k_2
01	1500	21,7	2,34; 4,12	0,00207	0,04895	270
	8,0; 105,0	118,0	8,3; 9,14	0,1281	5,8709	1,3
			0,12	0,00092	0,00643	1,5
02	900	74,0	4,1; 3,33	0,00158	0,04699	360
	10,0; 111,0	124,3	8,4; 6,68	0,1222	5,8862	1,3
			0,12	0,00054	0,00603	1,4
03	1100	123,1	3,92; 2,7	0,00127	0,04599	280
	23,0; 78,0	128,4	5,43; 7,12	0,09932	6,0173	1,3
			0,13	0,00031	0,00555	1,3
04	1450	69,5	5,37; 4,82	0,00162	0,04723	350
	14,0; 100,0	123,9	2,13; 6,80	0,1213	5,8915	1,4
			0,13	0,00056	0,00598	1,3
05	1300	84,3	2,7; 6,23	0,00152	0,04691	290
	9,0; 67,0	125,1	4,15; 3,84	0,1227	5,8826	1,5
			0,14	0,00049	0,00587	1,3
06	1200	15,7	3,81; 4,18	0,00221	0,04912	340
	11,0; 94,0	116,9	3,6; 9,86	0,1296	5,5673	1,4
			0,14	0,00098	0,00663	1,4
07	1000	10,4	3,68; 6,17	0,00255	0,04941	300
	15,0; 140,0	113,8	10,3; 5,75	0,1324	5,8626	1,5
			0,15	0,00109	0,00688	1,5
08	1250	142,0	1,25; 4,94	0,00112	0,04316	340
	5,0; 43,0	131,6	4,7; 8,25	0,09374	6,3125	1,5
			0,15	0,00025	0,00525	1,4

Продолжение табл. 3

09	1350, 18,0; 70,0	88,3 125,3	4,6; 7,35 4,1; 10,73 0,14	0,00149 0,1211 0,00045	0,04653 5,9005 0,00572	310 1,5 1,3
10	1600 32,0;106,0	175,0 137,9	11,2; 13,7 4,25; 7,75 0,14	0,00083 0,09106 0,00023	0,0410 6,4514 0,00501	320 1,4 1,3
11	1380 16,0;130,0	55,2 122,6	1,0; 12,93 8,84;10,16 0,13	0,00171 0,1239 0,00067	0,04742 5,8794 0,00611	325 1,3 1,4
12	1220 17,0; 88,0	57 122,9	2,14; 9,9 7,62;18,36 0,14	0,00172 0,1237 0,00065	0,04739 5,8803 0,00606	315 1,3 1,5
13	1630 12,0;102,0	17,3 117,5	1,5; 10,0 4,96; 8,18 0,12	0,00217 0,1283 0,00095	0,04906 5,8688 0,00659	305 1,4 1,5
14	2100 6,4; 95,7	230 148,3	6,6; 4,2 21,1; 32,7 0,14	0,00075 0,0827 0,00019	0,03904 7,1000 0,00420	290 1,5 1,5
15	1530 4,0; 47,0	93,3 125,9	3,79; 3,16 5,52; 14,92 0,12	0,00145 0,1197 0,00043	0,04630 5,9374 0,00582	335 1,5 1,4
16	1470 19,0; 95,0	127,5 130,0	2,12; 4,17 6,33; 7,6 0,12	0,00121 0,09613 0,00029	0,04481 6,1300 0,00531	295 1,5 1,3
17	950 17,5;114,0	114,0 127,4	3,48; 5,6 11,7; 11,43 0,13	0,00134 0,1011 0,00036	0,04691 6,0013 0,00562	345 1,4 1,3
18	2000 5,0; 84,2	91,5 125,6	1,16; 5,37 9,48; 7,18 0,13	0,00147 0,1203 0,00043	0,04603 5,9162 0,00584	285 1,3 1,3
19	1150 6,0; 65,0	36,5 120,0	2,62; 4,13 7,1; 15,08 0,14	0,00191 0,1259 0,00079	0,04875 5,8741 0,00628	355 1,3 1,4
20	1780 14,2; 39,0	21,0 117,6	3,1; 6,4 15,5; 13,11 0,12	0,00208 0,1283 0,00093	0,04898 5,8706 0,00645	275 1,4 1,4
21	1320 8,4; 48,0	7,8 109,4	2,2; 5,12 3,84; 10,4 0,12	0,00278 0,1349 0,00118	0,04995 5,8584 0,00707	273 1,3 1,3
22	1660 10,1; 79,0	12,3 116,1	3,19; 6,3 4,44; 16,2 0,12	0,00233 0,1306 0,00102	0,04916 5,8661 0,00669	313 1,3 1,4
23	920 6,5; 142,0	66,0 123,5	1,88; 5,19 4,11; 9,72 0,13	0,00165 0,1232 0,00059	0,04732 5,88221 0,00601	342 1,3 1,3

Продолжение табл. 3

24	1050 9,4; 75,3	48,0 121,2	0,36; 2,94 4,2; 10,13 0,13	0,00181 0,1247 0,00074	0,04753 5,8763 0,00621	306 1,4 1,3
25	1880 12,0;130,0	124,0 129,3	3,19; 5,02 7,13; 9,34 0,14	0,00125 0,09833 0,00031	0,04541 6,1540 0,00548	337 1,5 1,3
26	2200 7,85; 69,5	43,0 120,6	4,2; 3,14 2,58; 0,78 0,12	0,00185 0,1252 0,00077	0,04833 5,8754 0,00627	283 1,5 1,4
27	1915 6,5; 76,3	90,0 125,4	3,33; 6,72 5,88; 13,4 0,14	0,00147 0,1205 0,00043	,04659 5,9030 0,00569	294 1,5 1,5
28	880 2,1; 105,0	38,0 120,3	0,15; 5,62 7,81; 3,17 0,15	0,00199 0,1262 0,00082	0,04869 5,8734 0,00632	272 1,4 1,5
29	1700 12,4; 32,7	14,5 116,0	9,2; 7,8 4,13; 3,9 0,15	0,00232 0,1304 0,00102	0,04919 5,5666 0,00668	303 1,3 1,5
30	1080 6,6; 27,0	160,0 135,0	4,43; 2,15 6,35; 5,14 0,15	0,00098 0,09204 0,00024	0,0422 6,3917 0,00513	268 1,3 1,4
31	1840 3,09; 16,8	25 117,9	2,22; 2,37 8,16; 4,07 0,14	0,00200 0,1269 0,00088	0,04860 5,8711 0,00638	287 1,3 1,3
32	1400 27,4; 58,7	63 123,0	0,88; 3,12 0,87; 1,3 0,14	0,00167 0,1231 0,00060	0,04663 5,8822 0,00607	346 1,4 1,3
33	2190 9,85; 19,0	115 127,5	1,73; 5,84 8,12; 4,27 0,12	0,00133 0,1003 0,00035	0,04688 6,0011 0,00560	281 1,5 1,3
34	1775 0,9; 90,0	18,5 116,9	0,15; 0,48 1,76; 1,54 0,13	0,00211 0,1281 0,00094	0,04900 5,8673 0,00655	293 1,5 1,4
35	1460 32,1; 70,0	40 120,5	6,32; 5,7 4,88; 6,27 0,13	0,00190 0,1255 0,00076	0,04862 5,8749 0,00625	277 1,5 1,5
36	800 16,2; 95,8	75 124,3	2,23; 5,08 4,44; 2,37 0,13	0,00156 0,1221 0,00053	0,04695 5,8866 0,00601	351 1,4 1,5
37	2075 5,76; 55,4	170 137,7	1,6; 2,4 6,43; 6,7 0,12	0,00022 0,09106 0,00024	0,04171 6,4510 0,00505	317 1,3 1,5
38	1620 7,0; 59,6	55 122,5	1,00; 5,8 6,18; 3,7 0,14	0,00171 0,1239 0,00067	0,04742 5,8794 0,00611	331 1,3 1,4

Продолжение табл. 3

39	1440 3,05; 9,5	15 116,5	3,8; 2,94 6,65; 12,8 0,14	0,00229 0,1302 0,00100	0,04969 5,5660 0,00666	322 1,3 1,3
40	1860 23,7 145,7	105 126,1	12,03;5,78 4,55; 10,7 0,15	0,00139 0,1097 0,00039	0,04662 5,9725 0,00571	357 1,4 1,3
41	1240 4,25; 78,7	46 120,7	8,9; 23,1 4,76; 11,9 0,15	0,00181 0,1237 0,00074	0,04829 5,87598 0,00623	326 1,5 1,3
42	1900 1,05; 9,18	110 127,2	2,78; 7,73 3,96; 9,0 0,15	0,00135 0,1090 0,00038	0,04660 5,9737 0,00569	308 1,5 1,4
43	2150 6,6; 59,0	158 134,3	0,86; 3,17 1,54; 6,8 0,15	0,00100 0,09209 0,00025	0,0427 6,3910 0,00515	283 1,5 1,5
44	1120 6,32; 34,2	33 119,7	7,11; 6,15 5,87; 9,06 0,14	0,00190 0,1270 0,00081	,04877 5,8739 0,00630	299 1,4 1,5
45	1415 13,8; 57,1	58 122,7	4,14; 8,16 6,11; 3,26 0,14	0,00172 0,1237 0,00068	0,04744 5,8790 0,00612	343 1,3 1,5
46	1375 25,0; 40,0	17,5 116,8	4,17; 5,12 8,07; 6,66 0,12	0,00215 0,1279 0,00091	0,04888 5,8675 0,00653	301 1,3 1,4
47	820 20,8;114,5	81 124,5	9,48; 4,33 7,15; 2,77 0,13	0,00150 0,1226 0,00050	0,04687 5,8823 0,00692	289 1,3 1,3
48	1650 5,94; 67,0	60 122,9	1,88; 4,32 3,55; 11,3 0,13	0,00174 0,1238 0,00070	0,04738 5,8787 0,00610	354 1,4 1,3
49	1490 9,07; 34,9	28 119,1	3,37; 5,67 2,98; 4,34 0,13	0,00198 0,1267 0,00086	0,04846 5,8714 0,00635	327 1,5 1,3
50	2050 12,7; 88,5	130 129,4	2,8; 2,4 3,6; 10,5 0,14	0,00120 0,09594 0,00029	0,04480 6,1306 0,00528	284 1,5 1,4
51	850 3,8; 56,4	10 114,1	12,2; 6,13 5,57; 3,8 0,12	0,00300 0,1337 0,00111	0,04949 5,8647 0,00692	365 1,5 1,5
52	1330 5,54; 65,0	23 117,5	2,3; 7,14 4,1; 6,5 0,12	0,00210 0,1272 0,00089	0,04855 5,8743 0,00640	269 1,4 1,5
53	1225 1,17; 38,2	65 123,3	7,8; 5,18 1,75; 3,48 0,15	0,00169 0,1225 0,00067	0,04730 5,8795 0,00604	302 1,3 1,5

Продолжение табл. 3

54	975 7,64; 27,9	50 121,1	6,11; 8,9 3,33; 1,5 0,15	0,00180 0,1243 0,00073	0,04752 5,8766 0,00619	285 1,3 1,4
55	1475 11,0; 37,6	35 120,2	2,56; 5,77 1,8; 3,66 0,15	0,00193 0,1261 0,00080	0,04870 5,8743 0,00629	333 1,3 1,3
56	1980 6,6; 32,1	73 124,0	5,87; 9,23 8,78; 6,45 0,15	0,00157 0,1223 0,00054	0,04700 5,8863 0,00603	318 1,4 1,3
57	1710 9,3; 59,0	150 132,0	0,65; 1,13 0,34; 2,1 0,13	0,00102 0,09358 0,00025	0,04320 6,3347 0,00523	297 1,4 1,4
58	1875 5,95; 123,0	98 126,1	4,44; 5,67 3,27; 10,8 0,13	0,00143 0,1201 0,00044	0,04650 5,9385 0,00566	338 1,4 1,5
59	1550 3,36; 45,7	135 129,7	1,56; 3,44 5,67; 9,0 0,13	0,00118 0,0956 0,00028	0,04454 6,1310 0,00526	309 1,5 1,5
60	2110 14,5; 98,0	87 125,0	6,6; 3,7 4,48; 6,34 0,14	0,00150 0,1209 0,00045	0,04650 5,9000 0,00571	274 1,5 1,4
61	875 19,0; 75,0	8,5 111,8	4,45; 7,8 5,55; 8,23 0,12	0,00259 0,1342 0,00116	0,04954 5,8602 0,00694	361 1,5 1,3
62	1050 3,0; 82,6	16 116,7	12,8; 6,79 9,5; 3,27 0,14	0,00227 0,1299 0,00098	0,04963 5,5670 0,00662	296 1,4 1,3
63	1425 7,5; 100,0	52 121,3	3,92; 6,74 4,32; 7,88 0,15	0,00179 0,1240 0,00071	0,04745 5,8772 0,00613	358 1,4 1,4
64	1280 6,92; 39,7	45 120,8	5,54; 3,32 8,07; 6,18 0,15	0,00181 0,1236 0,00073	0,04821 5,8759 0,00620	329 1,4 1,5
65	1175 2,15; 47,2	24 117,8	0,75; 3,5 1,78; 6,3 0,15	0,00205 0,1270 0,00088	0,04858 5,8728 0,00639	311 1,5 1,5
66	1750 23,7; 67,5	61 122,8	7,38; 11,7 6,2; 9,7 0,12	0,00173 0,1232 0,00069	0,04731 5,8789 0,00609	292 1,5 1,4
67	1570 9,45; 88,0	77 123,9	4,4; 5,76 6,28; 9,5 0,12	0,00154 0,1219 0,00051	0,04687 5,8875 0,00600	323 1,5 1,3
68	925 6,62; 54,7	108 127,0	3,45; 5,27 3,85; 9,17 0,12	0,00136 0,1095 0,00038	0,04661 5,9735 0,00570	349 1,4 1,3

Продолжение табл. 3

69	1940 2,74; 13,7	30 119,5	7,8; 3,9 1,25; 8,1 0,13	0,00196 0,1258 0,00084	0,04829 5,8704 0,00634	271 1,4 1,4
70	2130 8,3; 67,45	54 122,5	4,53; 7,62 7,29; 6,34 0,13	0,00176 0,1253 0,00070	0,04733 5,8798 0,00613	332 1,4 1,5
71	1770 4,95; 67,0	120 127,7	4,37; 5,5 3,75; 4,12 0,13	0,00139 0,1097 0,00039	0,04662 5,9750 0,00568	364 1,3 1,4
72	1440 2,65; 44,6	16,5 116,6	6,64; 10,3 5,55; 7,2 0,14	0,00226 0,1209 0,00097	0,04960 5,5672 0,00659	316 1,3 1,3
73	1070 10,8; 97,0	72 124,0	3,2; 6,77 4,11; 9,87 0,14	0,00158 0,1221 0,00055	0,04706 5,8878 0,00604	291 1,3 1,5
74	1270 5,78; 66,3	44 120,4	8,81; 5,76 2,48; 12,7 0,14	0,00183 0,1231 0,00074	0,04835 5,8761 0,00621	344 1,4 1,5
75	1625 2,1; 15,9	84 124,6	1,11; 1,5 3,9; 2,7 0,15	0,00159 0,1203 0,00047	0,04663 5,9050 0,00574	282 1,4 1,4
76	1480 6,0; 32,6	165 137,0	3,39; 4,27 8,71; 7,78 0,15	0,00024 0,09115 0,00025	0,04187 6,4500 0,00508	339 1,4 1,3
77	1310 7,67; 110,0	32 119,9	1,34; 2,77 3,23; 8,0 0,15	0,00192 0,1272 0,00082	,04879 5,8734 0,00631	353 1,5 1,3
78	2220 1,9; 52,4	11,5 114,5	0,45; 1,3; 1,75; 0,6 0,12	0,00252 0,1317 0,00126	0,04935 5,8633 0,00681	295 1,5 1,4
79	1820 32,8; 65,3	26 118,5	9,76; 13,4 6,31; 9,97 0,12	0,00200 0,1284 0,00085	0,04888 5,8712 0,00623	330 1,5 1,5
80	1930 4,97; 66,8	68 123,7	7,04; 6,35 3,95; 8,77 0,12	0,00161 0,1234 0,00056	0,04728 5,8871 0,00605	341 1,4 1,5
81	930 3,96; 67,8	95 125,3	2,56; 7,77 3,45; 6,34 0,13	0,00143 0,1163 0,00042	0,04628 5,9378 0,00581	276 1,3 1,5
82	2175 21,7; 45,3	100 125,7	9,05; 14,1 8,15; 15,0 0,13	0,00139 0,1128 0,00041	0,04625 5,9387 0,00573	356 1,3 1,4
83	1170 6,5; 44,5	47 121,0	3,38; 6,13 8,07; 3,0 0,13	0,00179 0,1224 0,00072	0,04806 5,8782 0,00617	321 1,3 1,3

Продолжение табл. 3

84	2125 4,45; 13,9	12 114,6	1,7; 5,34 2,72; 1,8 0,14	0,00251 0,1303 0,00124	0,04928 5,8676 0,00675	363 1,4 1,4
85	1030 9,13; 56,8	83 124,8	4,66; 3,48 6,65; 7,44 0,14	0,00163 0,1217 0,00048	0,04671 5,9034 0,00577	286 1,4 1,3
86	860 2,19; 41,4	9,5 113,5	2,22; 3,76 4,45; 6,32 0,14	0,00241 0,1310 0,00113	0,04927 5,8634 0,00682	336 1,4 1,5
87	1945 5,27; 39,3	78 124,0	8,8; 12,7 9,1; 11,67 0,15	0,00152 0,1206 0,00050	0,04673 5,8880 0,00598	348 1,5 1,4
88	1850 9,82; 65,4	22 117,2	4,45; 7,38 2,54; 3,12 0,15	0,00209 0,1277 0,00090	0,04876 5,8722 0,00643	334 1,3 1,5
89	1795 7,13; 27,4	145 131,7	6,35; 8,11 5,94; 10,7 0,15	0,00108 0,09367 0,00026	0,04344 6,3337 0,00529	279 1,3 1,4
90	1375 3,35; 70,8	20 117,0	3,37; 8,3 6,0; 12,0 0,13	0,00212 0,1272 0,00086	0,04895 5,8739 0,00646	362 1,3 1,5
91	2170 2,73; 14,8	70 123,9	6,56; 3,13 9,84; 2,1 0,13	0,00159 0,1225 0,00056	0,04699 5,8848 0,00604	304 1,4 1,5
92	830 0,74; 39,15	118 127,2	7,84; 11,7 23,5; 34,1 0,13	0,00131 0,9889 0,00035	0,04662 6,0050 0,00565	328 1,5 1,5
93	1735 19,32; 93,0	85 124,9	5,8; 2,82 6,65; 10,8 0,14	0,00151 0,1224 0,00050	0,04687 5,8868 0,00591	288 1,5 1,4
94	1950 5,62; 34,7	64 122,7	4,25; 7,84 5,55; 8,37 0,12	0,00167 0,1242 0,00058	0,04739 5,8885 0,00612	324 1,5 1,3
95	1640 9,73; 86,4	18 116,9	3,76; 14,4 8,81; 9,23 0,12	0,00210 0,1279 0,00093	0,04853 5,8737 0,00648	352 1,4 1,3
96	980 4,78; 67,8	155 132,0	1,95; 3,65 2,67; 9,8 0,13	0,00099 0,09348 0,00024	0,04317 6,3362 0,00519	298 1,4 1,4
97	1580 1,39; 48,4	15,5 116,6	8,38; 13,7 6,24; 8,75 0,12	0,00231 0,1212 0,00099	0,04974 5,5656 0,00678	319 1,4 1,5
98	1685 6,38; 49,3	37 120,2	0,67; 3,08 1,72; 4,38 0,15	0,00190 0,1259 0,00076	0,04852 5,8756 0,00621	312 1,3 1,5

Окончание табл. 3

99	2250	125	8,85; 14,7	0,00130	0,04610	314
	17,2; 75,8	128,0	9,54; 10,62 0,15	0,9972 0,00032	6,0155 0,00558	1,3 1,4
00	1920	80	3,14; 1,59	0,00150	0,04683	350
	8,52; 46,4	124,5	0,5; 6,4 0,14	0,1207 0,00051	5,8890 0,00595	1,3 1,3

Таблица 4

Таблица логарифмов

<i>N</i>	Мантисса	<i>N</i>	Мантисса	<i>N</i>	Мантисса	<i>N</i>	Мантисса
2	0,3010	12	1,0792	22	1,3424	32	1,5051
3	0,4771	13	1,1139	23	1,3617	33	1,5185
4	0,6021	14	1,1461	24	1,3802	34	1,5315
5	0,6990	15	1,1761	25	1,3979	35	1,5441
6	0,7782	16	1,2041	26	1,4150	36	1,5563
7	0,8451	17	1,2304	27	1,4314	37	1,5682
8	0,9031	18	1,2553	28	1,4472	38	1,5798
9	0,9542	19	1,2788	29	1,4624	39	1,5911
10	1,0000	20	1,3010	30	1,4771	40	1,6021
11	1,0414	21	1,3222	31	1,4914	41	1,6128

ЗАДАНИЕ 2. Нахождение оптимального радиуса распространения товаров

Любое предприятие, производя продукцию в благоприятных условиях, стремится расширить сферу своего влияния на рынке. Оно может расширять сбыт путем освоения новых территорий.

Однако чем дальше от предприятия (или его складов) приходится перевозить товар к месту его реализации, тем выше транспортные расходы, которые на определенном расстоянии уже не удастся покрывать снижением издержек производства продукции и при выполнении других логистических операций («За морем телушка – полушка, да рубль перевоз»).

Поэтому предприятию не безразлично знать радиус распространения своей продукции, в пределах которого оно может получать максимальную прибыль.

Частная задача. Для нахождения оптимального радиуса распространения товаров берется упрощенный вариант:

- 1) товар реализуется в магазинах «единых цен»;
- 2) количество продаваемого товара пропорционально территории, покрываемой перевозками;
- 3) затраты на перевозку пропорциональны расстоянию, на которое транспортируется товар.

Иными словами, есть территория вокруг предприятия с едиными ценами продажи в любой точке, равномерно заполненная магазинами, в которых потребители приобретают по одинаковому количеству товара, а каждый километр перевозок от первого до последнего стоит поровну.

Сама задача. Чем больше продаж за счет освоения территории, тем выше издержки на производство и транспортировку.

Максимум прибыли (Π) находится из соотношения:

$$\Pi = S - Z - T \rightarrow \max,$$

где S – суммарная стоимость реализованной продукции, Z – суммарные затраты на производство, T – транспортные расходы.

Количество реализованного товара N зависит от площади Q , покрываемой перевозками, при этом:

$$Q = \pi R^2, \quad N = aQ + b,$$

здесь a и b – коэффициенты (неизвестные параметры, определяющие зависимость количества реализуемой продукции от площади, покрываемой перевозками - это линейная зависимость), которые определяются из условий задачи.

Тогда

$$N = a\pi R^2 + b.$$

Суммарные значения стоимости реализованной продукции и затрат на производство:

$$S = sN, \quad Z = zN,$$

где s – продажная цена единицы товара, z – производственная себестоимость единицы продукции.

Транспортные расходы зависят от радиуса (R), определяющего площадь, покрываемую перевозками, количества перевозимой продукции (N) и затрат на провозку единицы продукции на 1 км (t):

$$T = \int_0^R tNdR = \int_0^R t(a\pi R^2 + b)dR = (ta\pi R^3) / 3 + tbR.$$

Отсюда формула максимума прибыли:

$$\Pi = (s - z)(a\pi R^2 + b) - t[(a\pi R^3) / 3 + bR] \rightarrow \max.$$

Задаваясь различными значениями радиуса перевозок, можно определить максимальную прибыль, которая будет соответствовать оптимальному радиусу распространения товаров.

Пример решения задачи. Исходные данные:

$s = 2$ тыс. руб. – единая цена продажи 1 тонны продукции, $z = 1,9$ тыс. руб. – себестоимость производства тонны продукции, $t = 8$ руб. – затраты на транспортировку 1 тонно-км. При этом, возможное количество товара, которое можно реализовать на месте, т. е. когда радиус перевозок равен нулю, составляет 100 тонн (запись $R = 0:100$), а в радиусе 1 км продается 1000 тонн (запись $R = 1:1000$).

Рекомендуемая методика решения задачи.

1. Используются данные условия задачи для нахождения коэффициентов a и b , которые определяют зависимость количества реализуемых товаров от площади, покрываемой перевозками.

Поскольку $N = a\pi R^2 + b$, то:

$$\text{для } R = 0 (N = 100) \quad 100 = a \times 3,1416 \times 0^2 + b, \quad b = 100,0,$$

$$\text{для } R = 1 (N = 1000) \quad 1000 = a \times 3,1416 \times 1^2 + 100, \quad a = 286,5.$$

2. Так как расценки на транспортирование даны в рублях, а стоимость товаров и себестоимость в тысячах рублей, то в расчетах принимаем $t = 0,008$ тыс. руб. за перевозку 1 тонно-км.

3. Значения условия задачи подставляются в формулу расчета прибыли:

$$\begin{aligned} \Pi &= (2,0 - 1,9)(286,5 \times 3,1416 \times R^2 + 100) - \\ &- 0,008 \times 286,5 \times 3,1416 \times R^3 / 3 - 0,008 \times 100 \times R = \\ &= 90,0 R^2 + 10,0 - 2,4 R^3 - 0,8 R. \end{aligned}$$

Для нахождения максимума прибыли вначале лучше укрупнено определить область, где этот максимум находится, а затем делать точные (до одного %) расчеты. Отыскание максимума удобно вести в расчетной табл. 5.

Таблица 5

Определение прибыли от площади и дальности поставок товара

R	R^2	R^3	$+ 90 R^2$	$+ 10$	$- 2,4 R^3$	$- 0,008 R$	Π
10	100	1000	+ 9000	+ 10	- 2400	- 8	6602
20	400	8000	+ 36000	+ 10	- 19200	- 16	16794
30	900	27000	+ 81000	+ 10	- 64400	- 24	16586
40	1600	64000	+ 144000	+ 10	- 153000	-32	- 8538
23	529	12167	+ 47600	+ 10	- 29200	- 18	18392
24	576	13824	+ 51840	+ 10	- 33170	- 19	18661
25	625	15625	+ 56250	+ 10	- 37500	- 20	18740
26	676	17576	+ 60840	+ 10	- 42180	- 21	18649
27	729	19683	+ 65610	+ 10	- 47230	- 22	18368

Грубый расчет производится с интервалами в 10 км (для данной задачи). При вычислениях по индивидуальным заданиям эти интервалы могут быть иными, особенно в случае, когда радиус поставок товара достигает большой величины (практически может быть свыше 3000 км), здесь грубый расчет можно вести с интервалом 50 и 100 километров. Столбцы таблицы соответствуют слагаемым расчетной формулы с рассчитанными коэффициентами. После определения области максимальной прибыли точный расчет производится в той же таблице (под чертой).

Таким образом, оптимальный радиус распространения продукции данного предприятия составляет **25 км**.

Точность расчетов зависит от дальности перевозок:

до 100 км – с точностью до 1 км,

до 1000 км – с точностью до 5 км,

свыше 1000 км – с точностью до 10 км.

Примечание. На практике подобные расчеты помогают предпринимателям не увлекаться продвижением своего товара по все большей территории. Однако они вправе временно поступиться прибылью с тем, чтобы завоевывать рынки сбыта. При правильной организации распределительных центров (оптовых складов, баз) оптимальный радиус распространения товаров можно удлинить значительно.

Вариант индивидуального задания берется по двум последним цифрам номера зачетной книжки из табл. 6.

Таблица 6

Таблица заданий

№	$R = 0:$	$R = ? :$	s	z	t
01	150	0,8: 1100	2,2	1,8	2,0
02	30	1,1: 800	2,3	1,7	4,0
03	80	0,6: 200	4,4	4,2	3,5
04	75	1,4: 1050	3,2	2,7	0,6
05	110	2,2: 900	2,2	1,6	5,0
06	45	0,7: 850	1,9	1,8	0,3
07	220	1,3: 1500	0,7	0,5	1,8
08	60	0,4: 570	1,1	0,8	1,0
09	145	1,6: 700	6,9	6,3	0,9
10	185	1,2: 340	3,7	3,2	6,0
11	90	0,9: 1125	1,8	1,5	8,5
12	135	1,8: 1075	2,4	1,9	1,1
13	70	1,5: 2000	3,3	3,1	0,5
14	55	1,7: 440	4,2	3,8	10,0
15	100	0,5: 1000	2,0	1,6	0,8
16	170	1,35: 875	1,2	1,1	8,2
17	35	2,1: 300	2,6	2,2	5,1
18	115	1,0: 2050	0,6	0,4	1,4

Продолжение табл. 6

19	25	1,9: 750	1,5	1,4	3,8
20	130	0,45: 1825	2,9	2,4	7,6
21	20	2,3: 1475	3,3	3,0	5,3
22	200	1,25: 2150	1,3	1,0	0,6
23	155	2,0: 600	1,9	1,7	4,7
24	95	1,05: 1725	2,5	2,1	6,6
25	60	1,65: 500	1,0	0,7	2,8
26	125	0,75: 1975	2,2	1,9	2,4
27	10	1,55: 2000	3,8	3,6	9,4
28	180	2,15; 1250	1,5	1,3	7,2
29	210	0,85: 1200	0,9	0,6	4,9
30	85	1,15: 1400	2,8	2,3	8,7
31	40	1,95: 650	2,2	2,1	3,1
32	140	0,55: 1925	1,4	1,1	5,5
33	65	1,85: 950	0,6	0,3	4,4
34	105	0,95: 1675	1,1	1,0	6,4
35	160	2,05: 1900	2,6	2,1	2,5
36	15	1,45: 500	1,6	1,5	3,3
37	120	0,65: 1775	4,1	3,8	4,2
38	150	1,75: 2125	2,5	2,0	9,2
39	195	2,25: 1625	0,8	0,5	7,8
40	215	0,4: 1200	1,4	1,2	5,7
41	165	1,1: 1525	2,3	1,8	2,2
42	50	0,6: 775	1,8	1,4	7,5
43	190	1,5: 1750	2,9	2,5	6,8
44	35	0,85: 1950	0,5	0,3	3,7
45	175	1,3: 1450	1,7	1,6	1,6
46	205	0,55: 2075	2,1	1,9	4,1
47	120	2,1: 1850	2,7	2,5	8,3
48	85	1,75: 550	0,9	0,7	2,6
49	155	1,4: 1350	2,5	2,3	9,7
50	180	2,3: 1150	3,2	2,9	5,9
51	20	0,7: 250	1,8	1,7	0,2
52	105	0,95: 1875	1,6	1,2	8,9
53	210	2,25: 2175	2,7	2,4	6,1
54	60	1,2: 1275	5,7	5,0	9,9
55	45	0,8: 825	1,0	0,9	0,1
56	135	1,65: 1550	2,1	1,7	3,0
57	95	0,45: 1575	1,5	1,1	7,4
58	25	1,6: 275	3,0	2,5	8,0
59	170	2,0: 2200	0,7	0,4	6,5
60	200	1,45: 1700	2,3	2,2	1,5
61	75	0,9: 1325	8,12	7,77	6,3
62	190	1,0: 1600	2,2	2,0	2,7
63	150	2,2: 1175	1,5	1,2	5,8

Окончание табл. 6

64	110	0,65: 1300	0,8	0,7	1,2
65	160	1,8: 2025	2,5	2,2	7,1
66	30	1,35: 1225	3,9	3,5	8,6
67	50	0,75: 350	1,7	1,3	4,6
68	15	1,55: 400	2,7	2,6	0,7
69	215	1,25: 1650	1,2	0,9	3,2
70	145	1,15: 1025	1,9	1,6	6,7
71	125	1,85: 1375	1,0	0,8	5,4
72	70	0,5: 725	2,2	1,8	9,0
73	100	2,15: 1425	0,7	0,6	0,4
74	195	1,05: 975	2,4	1,9	9,1
75	40	1,7: 675	4,7	4,5	3,6
76	115	0,9: 1840	2,6	2,5	1,3
77	50	2,05: 380	1,6	1,3	7,0
78	10	1,95: 960	2,0	1,7	4,5
79	185	0,85: 1620	0,8	0,6	5,2
80	80	1,4: 935	2,5	2,4	1,9
81	165	1,2: 1730	1,8	1,3	9,3
82	65	2,0: 625	2,2	1,7	8,4
83	130	0,65: 1540	0,6	0,5	2,1
84	205	1,25: 2030	2,0	1,8	4,8
85	140	0,4: 425	6,35	6,0	6,9
86	175	1,3: 1070	2,4	2,0	9,6
87	220	2,3: 1380	1,4	1,0	7,3
88	90	0,8: 525	2,8	2,5	5,6
89	35	1,45: 325	0,5	0,4	1,7
90	105	1,8: 1960	1,7	1,4	6,2
91	170	1,15: 2140	1,1	0,9	2,3
92	110	1,7: 1320	2,1	1,6	9,8
93	145	1,1: 475	2,3	2,1	4,3
94	115	0,55: 1610	1,6	1,4	3,9
95	65	0,7: 375	5,5	5,1	8,1
96	90	1,5: 920	1,7	1,5	3,4
97	120	1,9: 840	1,3	1,1	2,9
98	50	1,35: 1230	4,0	3,8	7,9
99	70	0,95: 1580	1,9	1,4	8,8
00	30	0,6: 1470	1,8	1,6	9,5

ЗАДАНИЕ 3. Определение оптимальной величины заказа

Предприятие, получив заказ на поставку продукции, стремится как можно быстрее избавиться от нее, чтобы она не пролеживала у него на складах.

Однако это не означает, что каждая единица продукции сразу поставляется заказчику – слишком велики будут издержки оформления заказа и транспортные расходы. Но и накапливать продукцию тоже не выгодно, так как увеличиваются затраты на складирование и хранение.

Кроме того, обычно у предприятия не один, а несколько заказчиков, которые параллельно (ежедневно, еженедельно, ежемесячно) должны (хотя бы) получать заказанную продукцию вовремя. Оттого на предприятии приходится частично или полностью переключать (переналаживать, перепрограммировать) производственное оборудование при переходе на выпуск различных видов заказанной продукции – а это дополнительные затраты.

Частная задача. Появляется задача – найти такое значение транспортной партии грузов (оптимальной величины заказа) V_i , которое минимизировало бы расходы R , зависящие от V_i .

С ростом V_i растут и расходы, связанные с хранением продукции (груза), но зато снижаются затраты на изготовление продукции (за счет меньшего числа переналадок оборудования) и транспортные расходы.

Сама задача. Предполагается, что выпуск продукции на предприятии – последовательный процесс, когда накопление необходимой транспортной партии (ТП) зависит от длительности производственного цикла T_u , то есть:

$$V_i = T_u \times Q_i,$$

где Q_i – норма поставок продукции i -го назначения за определенный промежуток времени (сутки, неделя, месяц: у потребителя свой производственный процесс и ему не выгодно иметь большой запас на своих складах – см. задание 1).

Поэтому, так как $V_i = T_u \times Q_i$, ставится задача нахождения точки экстремума целевой функции в следующем виде:

$$R(V_i) \Rightarrow R(T_u) \rightarrow \min.$$

Кроме того, рассматривается такой случай, когда процессы производства, накопления продукции до величины ТП (или заказа) и ее отправление заказчику – синхронизированы. Такой уровень согласованности между производством и транспортом отвечает принципу логистики, а именно: доставка груза «точно в срок» и значительному сокращению запасов готовой продукции (это почти идеальный случай, где рассматривается система «производитель-потребитель», но могут быть промежуточные звенья: распределительные склады того же предприятия, оптовики, посредники – при таких условиях строятся и оптимизируются более сложные модели синхронизации изготовления и отправки продукции).

Далее, при построении модели данной задачи, принимаются следующие допущения:

- предприятие выпускает продукцию на несколько назначений и на каждое назначение свой род продукции,

- за время производственного цикла (ПЦ) – T_u предприятие изготавливает продукцию и формирует транспортные партии V_i на все назначения,

- каждый i -ый потребитель получает продукцию строго по норме (заказу), равной Q_i .

Для построения целевой функции вводятся обозначения:

t_i – транспортные тарифы (на начальные и конечные операции) (для груза i -го назначения),

Cx_i – стоимость хранения единицы продукции i -го назначения,

S – производственные расходы, связанные с необходимостью переналаживания производства при изготовлении различных видов продукции,

Q – производственная мощность предприятия, принимаемая равной сумме норм поставок на отдельные назначения, $Q = \sum Q_i$.

Удельные затраты на единицу продукции (тонну) обозначим:

C_{1i} – расходы, связанные с хранением груза,

C_{2i} – затраты на изготовление продукции,

C_{3i} – транспортные расходы.

Исходя из удельных затрат, суммарные единичные затраты, связанные с производством, хранением и перевозкой i -й продукции составят:

$$R_i(T_u) = C_{1i} + C_{2i} + C_{3i},$$

где C_{1i} зависит от числа накапливаемых единиц продукции и длительности ПЦ (среднее значение при линейном наращивании):

$$C_{1i} = Cx_i \times T_u \times Q_i / 2 \quad Q_i = Cx_i \times T_u / 2,$$

C_{2i} – с учетом общего объема заказа и числа переналадок ($1/T_u$ на партию) составит:

$$C_{2i} = S / Q \times T_u,$$

C_{3i} – учитывается количество партий (при этом ($1/T_u$ на партию):

$$C_{3i} = t_i / Q_i \times T_u,$$

тогда

$$R_i(T_u) = Cx_i \times T_u / 2 + S / Q \times T_u + t_i / Q_i \times T_u.$$

Для всех назначений суммарные затраты составят:

$$\begin{aligned} R(T_u) &= \sum R_i(T_u) = \\ &= \sum (Cx_i \times T_u \times Q_i / 2 + S \times Q_i / Q \times T_u + t_i / T_u) \rightarrow \min. \end{aligned}$$

Пример решения задачи. Исходные данные:

$Q = 1200$ единиц продукции (е. п), $Q_1 = 500$ е. п, $Q_2 = 400$ е. п., $Q_3 = 300$ е. п., $Cx_1 = 2$ тыс. руб., $Cx_2 = 3$ тыс. руб., $Cx_3 = 1,5$ тыс. руб., $t_1 = 40,0$ тыс. руб., $t_2 = 30$ тыс. руб., $t_3 = 35$ тыс. руб., $S = 200$ тыс. руб.

Надо найти оптимальный размер общей (и для каждого заказчика) транспортной партии (величины заказа).

Рекомендуемая методика решения задачи.

1. Расчетная формула путем подстановки численных значений упрощается с тем, чтобы в ней оставалась неизвестной только длительность производственного цикла – T_u .

Для первого вида продукции:

$$R_1(T_u) = 2 T_u 500 / 2 + 200 \times 500 / 1200 T_u + 40/T_u = 500 T_u + 83,3/T_u + 40/T_u.$$

Для второго вида продукции:

$$R_2(T_u) = 600 T_u + 66,7/T_u + 30/T_u.$$

Для третьего вида продукции:

$$R_3(T_u) = 225 T_u + 50,0/T_u + 35/T_u.$$

2. Для расчетов используется табл. 7.

Примечание. Два последних слагаемых не суммируются, чтобы показать их изменение в зависимости от длительности ПЦ (1, 2, 3 в таблице – номера слагаемых в расчетной формуле).

Таблица 7

Расчетная таблица

T_u	1	2	3	\sum_i	Σ	Примечание
0,2	100	416	200	716	1789	
	120	333	150	603		
	45	250	175	470		
0,3	150	294	133	577	1430	
	180	222	100	502		
	67	167	117	351		
0,35	175	238	114	527	1336	
	210	191	86	487		
	79	143	100	322		
0,4	200	208	100	508	1292	min по $i = 2$
	240	167	75	482		
	90	125	87	302		
0,45	225	185	89	499	1274	общий min
	270	148	67	485		
	101	111	78	290		

Окончание табл. 7

0,5	250 300 115	167 133 100	80 60 70	497 493 285	1275	min по $i = 1$
0,6	300 360 135	139 111 83	67 50 58	506 521 276	1303	min по $i = 3$
0,65	325 390 146	128 103 77	62 46 54	515 539 277	1331	
0,7	350 420 158	119 95 71	57 43 50	526 558 279	1354	

Таким образом, $R(T_{ij})_{\min} = 0,45$, тогда оптимальные транспортные партии составят:

$$V_1 = 0,45 \times 500 = 225 \text{ ед. продукции,}$$

$$V_2 = 0,45 \times 400 = 180 \text{ ед. продукции,}$$

$$V_3 = 0,45 \times 300 = 135 \text{ ед. продукции.}$$

Следует показать на графике изменение зависимостей.

Вариант индивидуального задания берется по двум последним цифрам номера зачетной книжки из табл. 8.

Таблица 8

Таблица заданий

№	Q_1	Cx_1	t_1	S
	Q_2	Cx_2	t_2	
	Q_3	Cx_3	t_3	
01	100	0,8	10,4	157,0
	200	1,2	15,0	
	300	1,1	12,7	
02	180	3,2	45,0	150,0
	250	1,7	60,5	
	360	0,9	31,0	
03	300	1,6	30,9	110,0
	300	2,9	45,4	
	170	1,3	19,7	
04	400	2,7	35,0	170,0
	230	2,5	53,0	
	270	3,1	62,0	
05	500	3,0	40,0	245,0
	330	3,6	68,0	
	120	3,3	71,0	
06	600	5,9	25,0	182,0
	700	6,1	84,0	
	320	4,0	18,0	

Продолжение табл. 8

07	700	4,8	90,0	200,0
	480	3,8	42,0	
	80	7,6	65,0	
08	800	2,0	75,0	215,0
	320	6,0	11,0	
	410	2,2	81,0	
09	150	0,7	60,0	278,0
	530	1,1	78,0	
	270	2,4	17,0	
10	250	2,1	32,0	145,0
	210	1,6	61,0	
	380	1,4	74,0	
11	350	3,35	70,0	207,0
	470	2,7	46,0	
	275	1,5	21,0	
12	465	6,0	64,0	190,0
	305	4,0	85,0	
	340	1,8	24,0	
13	550	5,4	58,0	250,0
	375	3,25	37,0	
	125	1,9	48,0	
14	660	4,8	77,0	265,0
	500	6,3	16,0	
	480	2,6	31,0	
15	130	1,55	38,0	140,0
	145	5,3	40,0	
	750	3,9	51,0	
16	120	2,55	23,0	225,0
	370	2,25	55,0	
	260	0,4	39,0	
17	225	1,35	47,0	195,0
	110	3,7	19,0	
	90	2,75	27,0	
18	325	5,2	52,0	205,0
	105	4,3	20,0	
	460	1,45	69,0	
19	425	1,25	66,0	95,0
	245	0,9	49,0	
	670	0,6	30,0	
20	525	9,0	73,0	50,0
	310	4,9	29,0	
	120	3,0	14,0	
21	610	1,85	88,0	315,0
	95	4,7	33,0	
	385	3,4	72,0	

Продолжение табл. 8

22	735	7,2	15,0	230,0
	420	4,9	89,0	
	645	1,75	42,0	
23	175	1,2	76,	160,0
	235	3,9	28,0	
	330	1,35	34,0	
24	2,75	3,4	32,0	345,0
	135	5,1	79,0	
	145	4,05	94,3	
25	375	1,7	44,0	295,0
	445	1,9	57,0	
	490	2,8	40,0	
26	475	1,0	22,0	395,0
	180	2,0	43,0	
	70	3,15	83,0	
27	315	2,35	56,0	70,0
	470	4,6	99,0	
	160	3,5	13,3	
28	675	5,2	63,0	240,0
	185	5,2	39,0	
	265	1,65	50,0	
29	720	5,0	71,0	320,0
	455	2,8	25,0	
	375	0,4	37,0	
30	155	1,5	67,0	60,0
	305	2,65	13,0	
	470	3,2	44,0	
31	330	4,2	48,0	270,0
	95	5,5	10,0	
	440	1,55	15,3	
32	260	4,0	34,0	410,0
	450	2,3	14,0	
	75	3,45	45,0	
33	460	2,05	30,0	20,0
	325	6,0	82,0	
	705	2,5	23,0	
34	530	1,65	50,0	165,0
	280	4,35	32,0	
	380	4,3	41,0	
35	665	4,8	46,0	175,0
	125	3,0	86,0	
	205	2,1	28,0	
36	735	6,35	59,0	340,0
	590	1,75	18,0	
	640	4,4	22,0	

Продолжение табл. 8

37	110	1,1	36,0	235,0
	280	0,6	56,0	
	210	2,0	25,0	
38	280	3,6	54,0	130
	205	4,45	87,0	
	315	3,25	38,0	
39	385	3,4	83,0	275,0
	75	5,05	59,0	
	180	2,45	52,0	
40	310	3,7	79,0	210,0
	155	3,9	48,0	
	650	4,95	32,0	
41	700	3,8	7,0	45,0
	405	2,1	4,2	
	310	4,8	9,8	
42	670	3,65	3,0	290
	630	1,05	2,0	
	130	4,2	4,3	
43	1020	1,15	91,0	90,0
	880	2,4	30,0	
	245	1,85	33,0	
44	370	1,8	18,0	530,0
	480	9,3	36,0	
	175	2,55	43,0	
45	1180	0,2	9,0	35,0
	2100	0,7	6,0	
	920	0,12	3,4	
46	185	1,3	62,0	400,0
	195	0,85	38,0	
	235	1,0	16,0	
47	270	0,95	17,0	380
	120	1,3	60,0	
	115	1,7	36,0	
48	360	3,1	80,0	220
	755	2,9	90,0	
	590	1,2	70,0	
49	210	4,7	33,0	440,0
	115	2,15	52,0	
	165	7,8	80,0	
50	420	1,55	37,0	345
	420	3,65	77,0	
	420	1,85	9,0	
51	430	2,25	53,0	405,0
	225	1,15	74,0	
	445	2,65	11,0	

Продолжение табл. 8

52	220	1,5	61,0	255,0
	150	3,35	75,0	
	485	4,65	47,0	
53	215	3,85	43,0	65,0
	335	1,55	76,0	
	455	2,35	54,0	
54	415	2,4	51,0	375,0
	360	4,65	73,0	
	395	1,25	98,0	
55	335	3,9	65,0	15,0
	455	2,45	94,0	
	355	1,95	64,0	
56	305	3,5	82,0	180,0
	255	3,7	88,0	
	190	4,85	26,0	
57	340	2,6	55,0	355,0
	460	2,55	91,0	
	290	4,8	77,0	
58	245	1,4	68,0	25,0
	160	3,5	44,0	
	185	4,45	29,0	
59	440	1,45	74,0	260,0
	170	4,3	54,0	
	430	2,3	96,0	
60	320	2,75	42,0	115,0
	475	3,2	34,0	
	345	1,7	10,0	
61	390	2,2	72,0	75,0
	295	5,9	98,0	
	240	3,6	55,0	
62	495	2,45	85,0	325,0
	450	1,0	81,0	
	140	3,65	46,0	
63	435	2,85	57,0	30,0
	350	2,6	83,0	
	475	4,6	19,0	
64	230	2,8	84,0	310,0
	340	1,8	22,0	
	280	1,6	53,0	
65	235	2,3	69,0	125,0
	165	2,35	51,0	
	285	3,55	66,0	
66	445	4,85	94,0	40,0
	325	3,55	93,0	
	295	6,4	61,0	

Продолжение табл. 8

67	345	3,3	92,0	370,0
	285	5,7	66,0	
	390	3,8	85,0	
68	435	2,15	11,0	280
	490	1,25	64,0	
	255	2,25	95,0	
69	105	1,05	78,0	475,0
	130	4,2	21,0	
	495	3,85	73,0	
70	265	3,25	86,0	55,0
	140	3,4	95,0	
	335	4,5	49,0	
71	255	2,9	96,0	460,0
	430	4,8	69,0	
	400	2,9	58,0	
72	205	4,9	87,0	445,0
	415	1,45	71,0	
	135	3,35	75,0	
73	355	1,65	98,0	425,0
	380	2,2	72,0	
	150	4,95	57,0	
74	460	2,95	12,0	80,0
	390	6,3	41,0	
	435	1,15	82,0	
75	145	4,35	95,0	385,0
	440	1,85	62,0	
	195	4,55	78,0	
76	165	4,5	89,0	470
	225	1,65	17,0	
	415	3,95	63,0	
77	170	1,95	20,0	100,0
	410	1,5	96,0	
	350	4,7	84,0	
78	145	4,1	24,0	560
	485	1,4	58,0	
	370	1,05	92,0	
79	285	4,25	93,0	85,0
	175	3,45	93,0	
	450	2,95	93,0	
80	470	0,95	21,0	365,0
	265	3,15	100,0	
	425	4,3	47,0	
81	160	4,65	13,0	495,0
	260	4,05	27,0	
	405	1,35	76,0	

Продолжение табл. 8

82	450	6,3	16,0	335,0
	520	3,95	67,0	
	325	2,15	91,0	
83	400	4,15	92,0	105,0
	215	2,95	23,0	
	710	3,05	56,0	
84	200	3,15	14,0	530,0
	315	4,15	92,0	
	110	3,75	59,0	
85	135	4,05	39,0	120,0
	100	4,2	31,0	
	505	5,7	99,0	
86	240	6,2	26,0	490,0
	345	4,95	63,0	
	215	2,05	90,0	
87	125	3,95	27,0	155,0
	425	5,4	12,0	
	560	4,05	86,0	
88	405	3,05	28,0	580,0
	200	1,95	80,0	
	105	0,75	105,0	
89	190	4,4	19,0	330,0
	290	2,05	35,0	
	305	5,25	89,0	
90	290	1,75	99,0	285,0
	190	3,05	104,0	
	230	4,15	60,0	
91	455	4,45	29,0	550
	395	4,05	50,0	
	100	5,15	87,0	
92	295	4,95	49,0	450,0
	385	5,3	97,0	
	570	0,75	67,0	
93	475	1,9	97,0	360
	495	0,8	26,0	
	500	0,8	92,0	
94	380	4,3	103,0	570,0
	275	0,7	24,0	
	535	0,95	88,0	
95	490	4,55	8,0	480,0
	270	5,55	70,0	
	95	2,0	97,0	
96	195	0,8	110,0	135,0
	355	0,6	110,0	
	560	0,7	68,0	

Окончание табл. 8

97	140	1,2	95,0	420,0
	220	1,45	25,0	
	155	1,7	79,0	
98	480	1,25	50,0	485,0
	240	3,6	15,0	
	250	5,2	69,0	
99	410	2,45	90,0	390,0
	505	1,77	42,0	
	65	0,8	27,0	
00	485	1,9	74,0	430,0
	180	4,25	46,0	
	340	2,75	35,0	

ЗАДАНИЕ 4. Расчет требуемой складской площади

Расчеты в данной задаче ведутся методами теории массового обслуживания (ТМО).

Во многих областях практической деятельности людей появляется необходимость пребывания в состоянии ожидания – обычно это связано с обслуживанием большого числа заявок конечным числом средств обслуживания. Изучением таких ситуаций занимается ТМО. Основной математический аппарат ТМО – теория случайных процессов. Термины:

- требование – обслуживаемый объект (запрос на удовлетворение потребности),
- обслуживающие устройства – средства, обслуживающие требования,
- обслуживающая система – совокупность однотипных обслуживающих устройств.

Системы массового обслуживания классифицируются:

- по составу:
 - одноканальные (одно обслуживающее устройство),
 - многоканальные (разной производительности);
- по времени пребывания требования в очереди до начала обслуживания:
 - с неограниченным временем ожидания,
 - с отказами,
 - смешанного типа.

Частная задача. Склады снабженческо-сбытовых организаций чаще всего относятся к системам смешанного типа: потребитель, прибывший на склад, застав все точки погрузки или разгрузки занятыми, становится в очередь.

Среднее число требований, поступающих в систему обслуживания за единицу времени, называется интенсивностью поступления требований:

$$\lambda = 1 / T, \quad (1)$$

где T – среднее значение интервала времени между поступлениями требований.

Интенсивность обслуживания одного требования одним обслуживающим устройством равна:

$$\Theta = 1 / T_{\text{обс}}, \quad (2)$$

где $T_{\text{обс}}$ – среднее время обслуживания.

Коэффициент загрузки (α) – количество требований, поступающих в систему обслуживания за время обслуживания одного требования одним устройством – определяется отношением:

$$\alpha = \lambda / \Theta \quad \text{или} \quad \alpha = \lambda / T_{\text{обс}}. \quad (3)$$

Количество обслуживающих устройств n должно быть не менее коэффициента загрузки, то есть:

$$n \geq \lambda / T_{\text{обс}} = \lambda / \Theta = \alpha, \quad (4)$$

иначе число поступающих требований будет больше суммарной интенсивности работы всех обслуживающих устройств, и очередь будет бесконечно расти.

Из-за случайного поступления требований они обслуживаются с некоторой вероятностью.

Сама задача. Надо определить потребную складскую площадь Q (в данной задаче полезную), обеспечивающую пропуск грузооборота с вероятностью p .

Склад при этом рассматривается как система, состоящая из n обслуживающих ячеек-площадок (обслуживающих устройств). Каждая такая площадка обеспечивает одновременное обслуживание (в данном случае хранение) отдельной партии груза.

Вероятность отказа в приемке новой партии груза наступает в момент занятости всех ячеек. Площадь каждой ячейки f принимается равной величине необходимой для складирования одной партии груза, что записывается так:

$$f = q / r, \quad (5)$$

где q – средний вес груза в одной партии, r – средняя нагрузка на 1 квадратный метр площадки склада (в зависимости от самого груза или особенностей склада).

Полезная площадь склада составит:

$$Q = f \times n. \quad (6)$$

Интенсивность обслуживания одной партии складом:

$$\Theta = 1 / t_x, \quad (7)$$

где t_x – срок хранения груза на складе.

Тогда коэффициент загрузки склада составит:

$$\alpha = \lambda / \Theta = \lambda \times t_x, \quad (8)$$

то есть минимальное число ячеек-площадок на складе должно быть равно:

$$n \geq \alpha. \quad (9)$$

Для решения задачи следует определить: вероятность заполнения склада и невозможность приема груза при различном числе ячеек (P_3), начиная с количества площадок равных $n \geq \alpha$. Заполнение склада и необходимость отказа от приемки груза будут иметь место, когда все ячейки будут заняты.

Вероятность приема груза (P_n) при наличии хотя бы одной свободной ячейки определяется разностью:

$$P_n = 1 - P_3. \quad (10)$$

Таким образом, по сути дела, задаваясь значениями $n \geq \alpha$, следует определить вероятность отказа в приемке груза P_3 и вероятность возможного приема груза P_n при различной полезной площади склада. При этом искомая площадь Q определяется, исходя из: $P_n \geq p$.

Вероятность отказа в приемке груза рассчитывается так:

$$P_3 = \frac{\alpha^n \times P_0}{(1 - \lambda/n) \times n!}, \quad (11)$$

где P_0 – вероятность того, что все ячейки будут свободны (а i – число требований):

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \alpha^i / i!}. \quad (12)$$

Примечание. В последних формулах (11) и (12) $n!$ и $i!$ – факториалы.

Пример решения задачи. Исходные данные:

$G = 2500$ тонн – грузооборот склада, $T = 365$ дней – период поступления грузов, $q = 7,6$ тонн, $t_x = 10$ суток – средний срок хранения на складе, $r = 0,13$ тонны – средняя нагрузка на 1 м^2 площади склада, $p = 0,95$ – вероятность пропуска грузооборота. Надо определить полезную площадь склада – Q .

Рекомендуемая методика решения задачи.

1) производятся предварительные расчеты:

$$f = q / r = 7,6 / 0,13 = 58,46 \text{ м}^2.$$

$\lambda = 1 / T$, но общее число партий = G / q , тогда интенсивность поступления груза на склад подсчитывается так: $\lambda = G/q \times T = 0,9$ – число партий в сутки, поступающих на склад.

$$\Theta = 1 / t_x = 1/10 = 0,1.$$

$\alpha = \lambda / \Theta = \lambda \times t_x = 0,9 \times 10 = 9$, то есть минимальное число ячеек в складе должно быть $n \geq \alpha \geq 9$ ячеек и все расчеты надо начинать от $n = 9$ и больше.

2) Основные расчеты удобно произвести в табл. 9, 10.

Таблица 9

Определение вероятности того, что все ячейки свободны

1	2	3	4	5	6
1	9	1	9	9	0,1
2	81	2	40,5	49,5	0,02
3	729	6	121,5	.	.
4	6560	24	273,3	.	.
5	59 тыс	120	492,1	.	.
6	532 тыс	720	738,1	.	.
7	4,78 млн	5050	949,0	2672,5	0,0003741
8	43,05 млн	40,3 тыс	1067,7	3740,2	0,0002674
9	387, млн	363 тыс	1068,3	4808,8	0,0002079
10	3,49 млрд	3,63 млн	960,6	5769,0	0,0001733
11	31,4 млрд	39,9 млн	786,5	6555,5	0,0001525
12	282,4 млрд	479 млн	589,5	7145,0	0,0001400
13	2,542 трлн	6,23 млрд	408,0	7553,0	0,0001324
14	22,877 трлн	87,18 млрд	262,4	7815,4	0,0001280

(1 – число ячеек – n , расчеты по формулам (3.11) и (3.12); 2 – α^n (α^i); 3 – $n!$ ($i!$); 4 – $\alpha^i / i!$; 5 – $\sum \alpha^i / i!$; 6 – P_0).

Таблица 10

Определение полезной площади склада

n	λ / n ф-ла (11)	$(1 - \lambda / n)$ ф-ла (11)	P_3 ф-ла (11)	$P_n = 1 - P_3$	$Q = f \times n$ (м^2)
9	0,1	0,9	0,247	0,753	526,1
10	0,09	0,91	0,183	0,817	528,5
11	0,082	0,918	0,131	0,869	643,1
12	0,075	0,925	0,089	0,911	701,5
13	0,069	0,931	0,058	0,942	760,0
14	0,064	0,936	0,036	0,964 > 0,95	818,5

Таким образом общая площадь склада для вероятности обслуживания $p = 0,95$ должна рассчитываться на не менее, чем 14 ячеек-площадок и составлять не менее $818,5 \text{ м}^2$.

Следует показать на графике изменение зависимостей.

Вариант индивидуального задания берется по двум последним цифрам номера зачетной книжки из табл. 11.

Таблица 11

Таблица заданий

№	G ТЫС. ТОНН	T	q ТЫС. ТОНН	t_x	r ТЫС. ТОНН	p
01	80	184	0,6	16	1,7	0,947
02	232	164	2,1	13	1,65	0,954
03	370	280	1,8	15	0,75	0,960
04	150	202	0,7	8	0,9	0,950
05	280	175	2,3	17	2,1	0,955
06	700	183	4,7	10	4,5	0,945
07	250	360	1,2	5	1,6	0,963
08	360	205	2,7	15	0,8	0,961
09	105	310	0,55	18	0,15	0,970
10	450	281	1,9	13	1,8	0,922
11	660	365	2,2	24	0,95	0,937
12	1720	274	3,35	6	1,45	0,940
13	180	218	1,55	18	0,28	0,955
14	385	320	1,0	9	0,7	0,910
15	1210	347	6,0	20	1,5	0,921
16	35	117	0,88	3	0,02	0,932
17	60	132	0,35	8	0,17	0,928
18	10	145	0,08	12	0,016	0,914
19	270	159	2,5	14	1,0	0,942
20	130	101	1,6	13	1,3	0,957
21	200	335	0,5	8	0,1	0,930
22	750	125	10,0	19	5,0	0,952
23	320	305	1,1	11	0,6	0,962
24	185	362	0,55	11	0,135	0,934
25	570	330	2,0	13	1,0	0,916
26	145	270	0,7	14	0,24	0,965
27	265	150	2,4	15	1,9	0,944
28	230	222	0,9	9	0,185	0,964
29	110	350	0,4	14	0,122	0,925
30	360	290	2,9	24	0,95	0,958
31	400	100	5,0	15	1,7	0,924
32	500	210	1,5	7	0,5	0,938
33	90	300	0,25	8	0,15	0,948
34	170	340	1,5	27	0,13	0,918

Продолжение табл. 11

35	2200	325	7,5	12	1,4	0,935
36	255	365	0,5	8	0,04	0,953
37	140	214	0,85	15	0,105	0,966
38	125	240	0,3	5	0,3	0,946
39	70	190	0,5	16	0,15	0,943
40	115	113	1,6	18	0,4	0,920
41	240	155	1,7	9	0,25	0,959
42	95	245	0,5	15	0,006	0,929
43	290	200	3,1	22	1,2	0,968
44	175	332	0,95	20	0,185	0,915
45	300	288	1,25	14	0,3	0,926
46	2600	315	17,5	19	4,4	0,943
47	350	335	0,9	8	0,2	0,927
48	155	355	0,75	13	0,265	0,956
49	325	328	1,35	14	0,65	0,967
50	215	323	0,55	7	0,215	0,949
51	1900	295	6,5	9	0,38	0,936
52	165	267	1,15	21	0,285	0,931
53	380	35	14,5	13	1,25	0,917
54	1350	185	8,0	12	3,4	0,923
55	310	353	1,55	17	0,29	0,939
56	1005	235	3,6	10	0,8	0,933
57	995	308	1,65	6	1,05	0,919
58	45	323	1,75	13	0,25	0,969
59	225	35	5,5	10	1,7	0,913
60	85	348	0,3	13	0,042	0,940
61	390	364	0,7	6	0,046	0,950
62	2500	358	3,2	5	0,45	0,956
63	420	278	1,3	11	0,7	0,912
64	1235	361	1,85	5	0,3	0,936
65	4000	297	6,3	4	1,15	0,918
66	205	338	1,2	21	0,1	0,939
67	365	312	2,8	27	1,3	0,920
68	480	293	1,45	9	0,95	0,927
69	315	255	1,25	11	0,6	0,919
70	245	296	1,6	17	0,7	0,970
71	3750	265	12,5	9	2,2	0,935
72	295	45	8,05	11	1,75	0,945
73	470	302	2,05	12	1,0	0,963
74	3000	245	10,0	9	2,35	0,958
75	285	283	1,7	19	0,5	0,928
76	305	35	5,0	6	1,15	0,916
77	630	324	3,4	18	0,9	0,968
78	490	165	1,35	5	0,19	0,923
79	1155	336	2,1	7	0,8	0,948

Окончание табл. 11

80	845	275	4,5	15	0,6	0,934
81	765	170	5,5	14	2,1	0,930
82	690	363	3,8	23	0,54	0,915
83	335	334	1,7	15	0,11	0,965
84	275	195	0,65	5	0,16	0,926
85	2300	110	21,0	12	3,2	0,969
86	355	243	0,9	7	0,16	0,952
87	1500	329	4,5	16	0,65	0,944
88	410	130	3,4	9	1,8	0,932
89	200	137	1,1	7	0,1	0,954
90	90	34	2,5	11	0,05	0,946
91	230	150	0,7	5	0,16	0,928
92	425	316	3,7	23	1,75	0,962
93	290	332	1,25	17	0,42	0,956
94	680	325	1,5	7	0,3	0,943
95	350	355	1,35	13	0,8	0,931
96	1400	240	5,0	9	0,4	0,918
97	440	115	4,2	13	2,5	0,938
98	250	250	0,3	3	0,015	0,922
99	1250	198	3,0	5	0,5	0,935
00	300	315	2,0	22	0,85	0,949

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григорьев, М. Н. Логистика. Базовый курс : учебник для вузов / М. Н. Григорьев, С. А. Уваров. – М. : Издательство «Юрайт», 2011. – 782 с. – Электронное издание. – УМО. – ISBN 978-5-9916-0755-1

2. Ананишнов, В. В. Экономика и логистика ресурсных циклов / В. В. Ананишнов. – СПб. : СПбГУТ, 2008.

**Ананишнов Виктор Васильевич
Щербаков Игорь Борисович**

ЛОГИСТИКА

**Методические указания
по выполнению контрольной работы**

Редактор *Л. К. Паршина*
Компьютерная верстка *Е. Головинской*

План 2013 г., п. 156 а

Подписано к печати 25.06.2013
Объем 2,25 усл.-печ. л. Тираж 25 экз. Заказ 145

РИЦ СПбГУТ. 191186 СПб., наб. р. Мойки, 61
Отпечатано в СПбГУТ

В. В. Ананишнов, И. Б. Щербаков

ЛОГИСТИКА

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2013**