РАСЧЕТ ТЕКУЩЕГО И СТРАХОВОГО ЗАПАСА

Методы расчета текущего и страхового запаса могут быть разделены на три группы:

- методы, основанные на обработке статистических данных;
- аналитические методы;
- имитационное моделирование и последующая обработка результатов.

Общие зависимости для расчета норм запасов

Таблица 9.1

Формулы для расчета текущей составляющей нормы производственного запаса T_T

Автор метода, год	Расчетная формула	Обозначения
М. П. Айзенберг-Горский, 1956	$T_T = \frac{T_{cp} + S_{cp}}{2} - 1$	T_{cp} — средний интервал между поставками, дн. S_{cp} — средний интервал между суточными отпусками, дн.
А. М. Баскин, 1965	$T_T = \frac{T_{cp} - S_{cp}}{2}$	
Методика Минтяжмаша	$T_T = T_{cp}/2 = \frac{1}{2N}\sum_{i}^{N} t_i$	
Н. Д. Фасоляк, 1972	$T_T = \frac{1}{2}\left[T_{cp} + \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(t_i - T_{cp}\right)^2} + \left(1/R_{cp}\right)\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(Q_i - Q_{cp}\right)^2}\right]$	R_{cp} — среднесуточный расход (в год) t_i — интервал i-й поставки Q_i — объем i-й поставки Q_{cp} — средний объем поставки N — количество поставок (в год)
Б. К. Федорчук,* 1967	$T_T = \frac{\sum_{i}^{N} Q_i t_i}{2\sum_{i}^{N} Q_i}$	

* Аналогичная формула была использована А. П. Долговым [13], А. М. Зеваковым и В. В. Петровым [16].

Таблица 9.2

Формулы для расчета страховой составляющей нормы производственного запаса T_c

Автор метода, год	**Расчетная формула**	**Обозначения**
К. В. Инютина,* 1969	$T_c = \gamma \sqrt{\dfrac{\sum_{i}^{N}(t_i - T_{cp})^2 \times Q_i}{\sum_{i}^{N} Q_i}}$	t_i — интервал i-й поставки, дн. T_{cp} — средний интервал между поставками, дн. Q_i — объем i-й поставки γ — коэффициент, показывающий надежность обеспечения запасом N — количество поставок
Н. Д. Фасоляк, 1977	$T_c = K \dfrac{\sum_{j=1}^{i}(t_j - T_{cp})Q_j}{\sum_{j=1}^{i} Q_j}$	K — коэффициент, показывающий надежность обеспечения запасом t_j — величины интервалов, большие T_{cp} M — количество «опоздавших» поставок, т. е. $T_i > T_{cp}$

* Аналогичная формула была использована А. М. Зеваковым и В. В. Петровым [16].

Окончание табл. 9.2

Автор метода, год	Расчетная формула	Обозначения
Е. А. Мельникова и др., 1979	$T_c = \frac{\max\lvert Z_m - Z\rvert}{\varphi R_{cp}}$	R_{cp} — среднесуточный расход (в год) Z_m — отклонение суточного остатка от среднего уровня перед поставками (Z)
А. С. Хрящев, Б. К. Федорчук, 1980	$T_c = \frac{3\sigma}{R_{cp}} - \frac{Q_{cp}}{2R_{cp}}$	σ — среднеквадратическое отклонение суточных остатков топлива от среднего уровня, вычисленного по скользящей средней
В. А. Щетина и др., 1988	$T_c = \delta \times \sigma_\tau / \sqrt{n}$	δ — параметр (аргумент) функции Лапласа $\Phi(\delta)$ σ_τ — среднеквадратическое отклонение интервала между поставками n — максимальное количество поставок в году ретроспективного периода
А. П. Долгов, 2004	$T_c = b\frac{\sum_j^N (t_j^{on} - T_{cp})Q_j}{\sum_j^N Q_j^{on}}$	b — интенсивность расхода $t_j^{on} \geq T_{cp}$ Q_j^{on} — размер поставки в так называемой опоздавшей партии

- Если величины T_T и T_c выраженЫ в днях, то для расчета нормы текущего и страхового запаса в натуральном выражении используются зависимости:

$$q = T_T \times \lambda_i; \qquad (9.1)$$

$$q^*_c = T_c \times \lambda_i \qquad (9.2)$$

- где λ_i- среднесуточная потребность. ед./дн.

Принципиально другой подход в оценке времени и размера текущего запаса, приведенный в разделе 8 (формула Уилсона), базируется не только на данных наблюдений за поставками (расходами), но и на экономических показателях. С учетом формул раздела 8 норма текущего запаса запишется в виде (в днях):

$$T_T = Д\sqrt{\frac{C_0}{2AC_x i}}, \quad (9.3)$$

В натуральных единицах:

$$q = \sqrt{\frac{AC_0}{2C_x i}}. \quad (9.4)$$

Пример 9.1.

Рассчитаем норму текущего и страхового запаса по данным о поставке и расходе двигателей на складе автотранспортного предприятия, табл 9.3 и 9.4

Таблица 9.3

Данные о поставках двигателей на склад

Дата поставки	Интервал между поставками, дн.	Объем поставки, ед.
02 янв.	1	10
13 янв.	11	2
23 янв.	10	2
17 янв.	4	5
30 янв.	3	8
31 янв.	1	16
13 фев.	13	1
18 фев.	5	7
22 фев.	4	9
23 фев.	1	6
24 фев.	1	6

Таблица 9.4

Данные о расходе двигателей на складе

Дата поступления требования	Интервал между требованиями, дн.	Объем требований, ед.
02 янв.	1	5
05 янв.	3	5
11 янв.	6	5
17 янв.	6	6
25 янв.	8	4
31 янв.	6	4
01 фев.	1	2
02 фев.	1	4
03 фев.	1	1
06 фев.	3	1
09 фев.	3	9
10 фев.	1	1
13 фев.	3	7
20 фев.	7	3
24 фев.	4	9

- Определим статистические характеристики параметров поставки и расхода двигателей. Вспомогательные расчеты приведены в табл. 9.5

Дата поставки	Интервал между поставками, дн.		Объем поставки, ед.		Дата поступления требования	Интервал между требованиями, дн.		Объем требований, ед.	
	T_i	$(T_i - T_{cp})^2$	Q_i	$(Q_i - Q_{cp})^2$		S_i	$(S_i - S_{cp})^2$	R_i	$(R_i - R_{cp})^2$
02 янв.	1	15,3	10	11,93	02 янв.	1	6,76	5	0,36
13 янв.	11	37,1	2	20,66	05 янв.	3	0,36	5	0,36
23 янв.	10	25,9	2	20,66	11 янв.	6	5,76	5	0,36
17 янв.	4	0,8	5	2,39	17 янв.	6	5,76	6	2,56
30 янв.	3	3,6	8	2,12	25 янв.	8	19,36	4	0,16
31 янв.	1	15,3	16	89,39	31 янв.	6	5,76	4	0,16
13 фев.	13	65,5	1	30,75	01 фев.	1	6,76	2	5,76
18 фев.	5	0,0	7	0,21	02 фев.	1	6,76	4	0,16
22 фев.	4	0,8	9	6,02	03 фев.	1	6,76	1	11,56
23 фев.	1	15,3	6	0,30	06 фев.	3	0,36	1	11,56
24 фев.	1	15,3	6	0,30	09 фев.	3	0,36	9	21,16
–	–	–	–	–	10 фев.	1	6,76	1	11,56
–	–	–	–	–	13 фев.	3	0,36	7	6,76
–	–	–	–	–	20 фев.	7	11,56	3	1,96
–	–	–	–	–	24 фев.	4	0,16	9	21,16
Суммы	54	194,9	72	184,73	–	54	83,6	66	95,6

- Средний интервал между поставками:

$$T_{cp} = 54/11 = 4{,}9 \approx 5 \text{ дн.}$$

- Среднее квадратическое отклонение интервала поставки:

$$\sigma_T = \sqrt{\frac{194{,}9}{11-1}} = 4{,}1 \approx 4 \text{ дн.}$$

- Средний объем поставки:

$$Q_{cp} = 72/11 = 6{,}5 \text{ ед.}$$

- Среднее квадратическое отклонение объема поставки:

$$\sigma_Q = \sqrt{\frac{184{,}73}{11-1}} = 4{,}3 \approx 4 \text{ ед.}$$

- Средний интервал между требованиями:

$$S_{ср} = 54/15 = 3,6 \text{ дн.}$$

- Среднее квадратическое отклонение интервала расхода:

$$\sigma_S = \sqrt{\frac{83,6}{15-1}} = 2,4 \text{ дн.}$$

- Средний объем требования:

$$R_{ср} = 66/15 = 4,4 \text{ ед.}$$

- Среднее квадратическое отклонение объема требований:

$$\sigma_R = \sqrt{\frac{95,6}{15-1}} = 2,6 \text{ ед.}$$

Выполним расчеты нормы текущего запаса по формулам (см. табл. 9.1):
М. П. Айзенберга-Горского:

$$T_T = \frac{5+3,6}{2} - 1 = 3,3 \text{ дн.};$$

А. М. Баскина:

$$T_T = \frac{5-3,6}{2} = 0,7 \text{ дн.};$$

приведенной в методике Минтяжмаша:

$$T_T = \frac{54}{2 \times 11} = 2,45 \text{ дн.};$$

Н. Д. Фасоляка:

$$T_T = \frac{1}{2}\left[5 + 4 + \frac{4}{4,4}\right] \approx 5 \text{ дн.};$$

Б. К. Федорчука:

$$T_T = \frac{1 \times 10 + 11 \times 2 + 10 \times 2 + \ldots + 1 \times 6}{2 \times 72} = \frac{208}{144} = 1,44 \text{ дн.}$$

Расчет показал, что норма текущего запаса, рассчитанная по разным формулам, колеблется от 0,7 до 5 дн.. т. е наблюдается почти семикратное расхождение результатов расчета. это объясняется присутствием четырех случайных величин, характеризующих процессы поставки и расхода двигателей: интервала времени между поставками, объема поставки, интервала времени между требованиями и объемом требований (расхода), тогда как формулы табл. 9.1, по которым были рассчитаны нормы текущего запаса, учитывают в основном не более двух случайных величин.

Для определения нормы страхового запаса по формулам табл. 9.2 необходимо выполнить вспомогательные расчеты, табл. 9.6.

Таблица 9.6

Вспомогательная таблица для расчета страхового запаса

Дата поставки	Интервал между поставками, дн., T_i	Объем поставки, ед., Q_i	T_iQ_i	$(T_i - T_{ср})^2Q_i$	Q_j для $T_i > T_{ср}$	$(T_j - T_{ср})Q_j$ для $T_i > T_{ср}$
02 янв.	1	10	10	152,81	–	–
13 янв.	11	2	22	74,20	2	12,18
23 янв.	10	2	20	51,83	2	10,18
17 янв.	4	5	20	4,13	–	–
30 янв.	3	8	24	29,16	–	–
31 янв.	1	16	16	244,50	–	–
13 фев.	13	1	13	65,46	1	8,09
18 фев.	5	7	35	0,06	7	0,64
22 фев.	4	9	36	7,44	–	–
23 фев.	1	6	6	91,69	–	–
24 фев.	1	6	6	91,69	–	–
Суммы	**54**	**72**	**208**	**812,96**	**12**	**31,09**

Рассчитаем норму страхового запаса по формулам:

К. В. Инютиной:

$$T_c = 2\sqrt{\frac{(1-4,9)^2\times10+(11-4,9)^2\times2+...+(1-4,9)^2\times6}{72}} =$$

$$= 2\sqrt{\frac{812,96}{72}} = 6,7 \text{ дн.};$$

Н. Д. Фасоляка:

$$T_c = \frac{(11-4,9)\times2+(10-4,9)\times2+(13-4,9)\times1+(5-4,9)\times7}{2+2+1+7} =$$

$$= 2\frac{31,09}{12} = 5,2 \text{ дн.};$$

В. А. Щетины:

$$T_c = 1,65\times\frac{4}{\sqrt{11}} = 2,09 \text{ дн.};$$

В. А. Долгова:

$$T_c = \frac{4,4}{3,6}\times\frac{31,09}{12} = 3,16 \text{ дн.};$$

Таким образом, из анализа результатов расчета страхового запаса по формулам табл. 9.2 следует, что диапазон значений колеблется от 2 до 7 дн., что несколько меньше, чем размах таких значений для нормы текущего запаса

Пример 9.2.

Рассчитаем норму текущего и страхового запаса для циклического процесса с ежедневным расходом и фиксированной величиной максимального запаса Q_{max} = 25 ед. Статистические параметры поставки и расхода следующие:

- средний интервал между поставками: $T_{ср}$ =5 дн.;
- среднее квадратическое отклонение интервала поставки: σ_T = 1 дн.;
- средний расход: Rcp = 5ед./дн.;
- среднее квадратическое отклонение расхода: σ_R = 2.54 ед./дн.

На основе имеющихся данных смоделируем процесс поставки и расхода товара. При разработке модели учитывалось следующее:

1. Продолжительность цикла поставки Tj подчиняется определенному закону распределения, вид которого и необходимые статистические параметры заданы. В частном случае это нормальный закон.
2. Ежедневный расход di подчиняется закону распределения, вид которого задается. В частном случае это нормальный закон.
3. Моделирование величин di продолжается до момента времени , при этом в каждом цикле проверяется условие T_p

(9.5)

$$\Sigma d_i \geq Q$$

Если условие не соблюдается (не наблюдается дефицита), то при поступлении следующей поставки на складе в виде запаса сохраняется случайное количество изделий $\xi_i = Q - \sum d_i$. Эта случайная величина необходима для моделирования последующих циклов как начальное значение величины запаса на складе (вместе с поставкой)При раздельном моделировании циклов Q_{ij} может быть выведена как самостоятельный результат моделирования. Если условие (9.5) соблюдается, то фиксируется как время наступления, так и количество дней дефицита.

4. Предусматривается реализация процессов, у которых начальное значение запаса отличается от Q, рассчитываемого по формуле

$$Q = \bar{T} \times \bar{D}.$$

Разница $\Delta = Q_{н} - Q$ то по существу, представляет собой страховой запас. Очевидно, варьируя величину $Q_{н}$ можно добиться условия, что вероятность отсутствия дефицита будет составлять заданную величину, например P= 0.95 или P=0,99.

Таким образом, в результате моделирования формируются массивы следующих случайных величин: d - суммарный расход изделий;

ξ -остаток на складе на момент поступления новой партии; ψ - количество дней дефицита; η -дефицит изделий. Указанные случайные величины подвергаются традиционной статистической обработке.

На рис. 9.1 показана графическая интерпретация результатов моделирования процесса поставки и расхода.

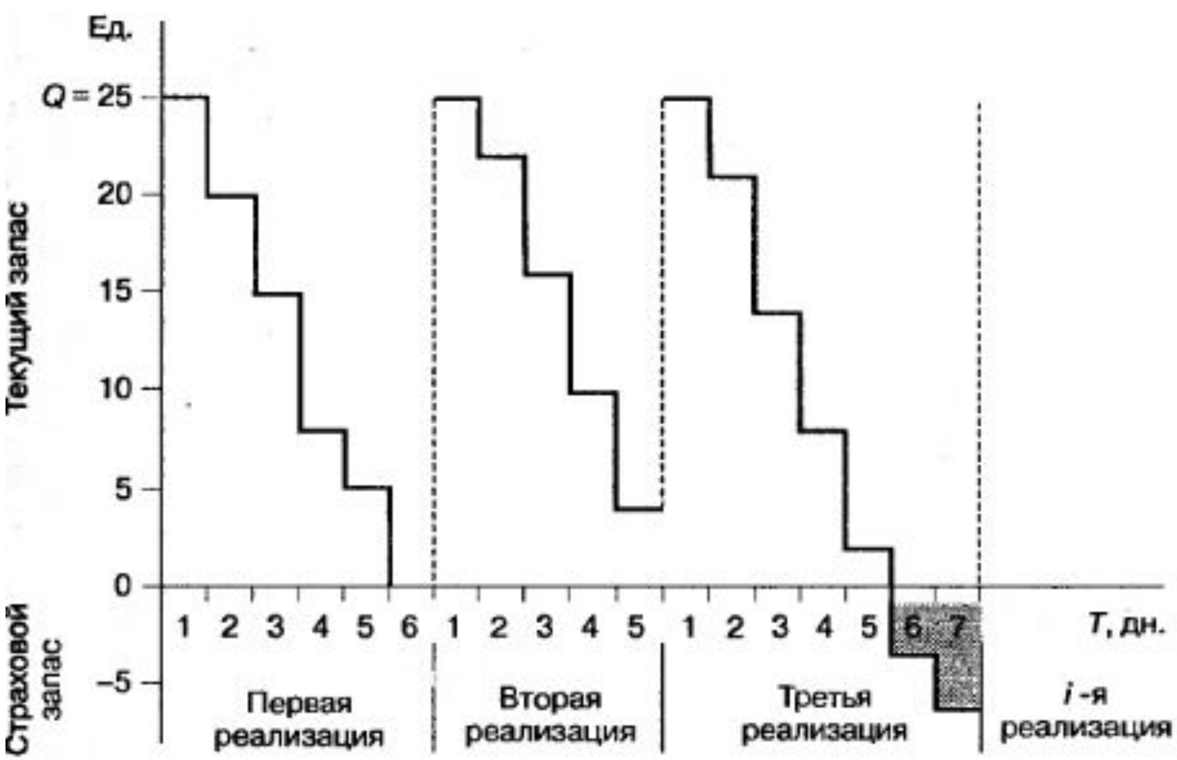

Рис. 9.1. Моделирование поставки и расхода товара

Результаты моделирования 30 циклов и промежуточные вычисления для расчета нормы запаса приведены в табл. 9.7.

Таблица 9.7

Данные о поставках и расходе и вспомогательные расчеты

Интервал между поставками, дн., T_j	Объем поставки, ед., Q_j	$(T_j - T_{ср})^2$	$(Q_j - Q_{ср})^2$	T_jQ_j	$(T_j - T_{ср})^2Q_j$	$(T_j - T_{ср})Q_j$ для $T_j > T_{ср}$
5	30	0	16	150	0	–
5	33	0	49	165	0	–
7	33	4	49	231	132	66
6	35	1	81	210	35	35
6	28	1	4	168	28	28
5	23	0	9	115	0	–
6	33	1	49	198	33	33
5	28	0	4	140	0	–
6	19	1	49	114	19	19
6	32	1	36	192	32	32
6	30	1	16	180	30	30
4	20	1	36	80	20	–
4	15	1	121	60	15	–
5	31	0	25	155	0	–

Интервал между поставками, дн., T_j	Объем поставки, ед., Q_j	$(T_j - T_{ср})^2$	$(Q_j - Q_{ср})^2$	T_jQ_j	$(T_j - T_{ср})^2Q_j$	$(T_j - T_{ср})Q_j$ для $T_j > T_{ср}$
5	32	0	36	160	0	–
5	24	0	4	120	0	–
5	23	0	9	115	0	–
5	32	0	36	160	0	–
6	28	1	4	168	28	28
4	16	1	100	64	16	–
4	26	1	0	104	26	–
4	16	1	100	64	16	–
6	22	1	16	132	22	22
6	21	1	25	126	21	21
6	33	1	49	198	33	33
6	33	1	49	198	33	33
2	11	9	225	22	99	–
5	29	0	9	145	0	–
7	34	4	64	238	136	68
4	21	1	25	84	21	–
156	791	34	1295	4256	795	448

Примечание. В последней строке суммы значений в столбцах.

По результатам моделирования получили:

средний интервал между поставками

$$T_{ср} = 156/30 = 5{,}2 \approx 5 \text{ дн.};$$

Среднее квадратическое отклонение интервала поставки

$$T_{ср} = \frac{156}{30} = 5{,}2 \approx 5 \text{ дн.};$$

средний объем поставки

$$Q_{ср} = 791/30 = 26{,}4 \approx 26 \text{ ед.};$$

Среднее квадратическое отклонение объема поставки

$$\sigma_T = \sqrt{\frac{1295}{30}} = 6{,}6 \approx 7 \text{ ед.}$$

Расчет нормы текущего и страхового запаса по формулам табл. 9.1 И 9.2 представлен в табл. 9.8 и 9.9

Таблица 9.8

Расчет текущего запаса для циклического процесса с $Q_{max} = 25$ ед.

Автор зависимости для расчета нормы запаса	Норма запаса, дн.	Запас, дн.	Запас,* ед.
Айзенберг-Горский М. П.	$T_T = \frac{5+1}{2} - 1 = 2$	4	20
Баскин А. М.	$T_T = \frac{5-1}{2} = 2$	4	20
Методика Минтяжмаша	$T_T = \frac{156}{2 \times 30} = 2{,}6$	5,2	26
Фасоляк Н. Д.	$T_T = \frac{1}{2}\left[5 + 1 + \frac{6{,}6}{26}\right] = 3{,}13$	6,26	31,3
Федорчук Б. К.	$T_T = \frac{4256}{2 \times 791} = 2{,}69$		26,9

* Рассчитывается с учетом, что средний расход в день составляет $R_{cp} = 5$ ед.

Таблица 9.9

Расчет страхового запаса для циклического процесса с Q_{max} = 25 ед.

Автор зависимости для расчета запаса	Запас, дн.	Запас,* ед.
Инютина К. В., Зеваков А. М., Петров В. В.	$T_c = \sqrt{\frac{795}{791}} = 2{,}006$	10,0
Фасоляк Н. Д.	$T_c = 2\frac{448}{476} = 1{,}88$	9,4
Долгов А. П.	$T_c = 5\frac{448}{476} = 4{,}71$	23,6
* Рассчитывается с учетом, что средний расход в день составляет $R_{ср}$ = 5 ед.		

9.2. Расчет страхового запаса

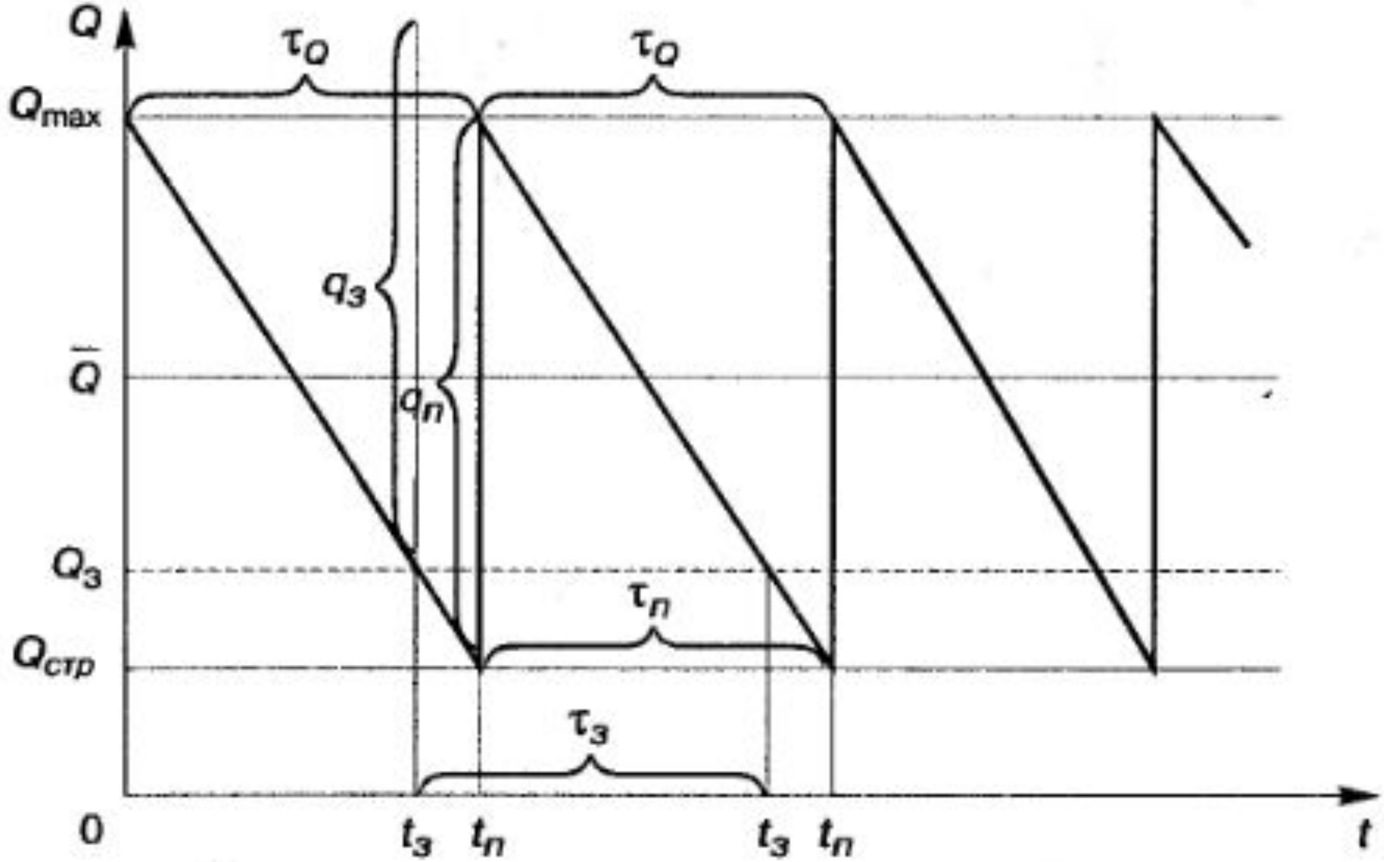

Рис. 9.2. Классическая модель расходования и пополнения запасов

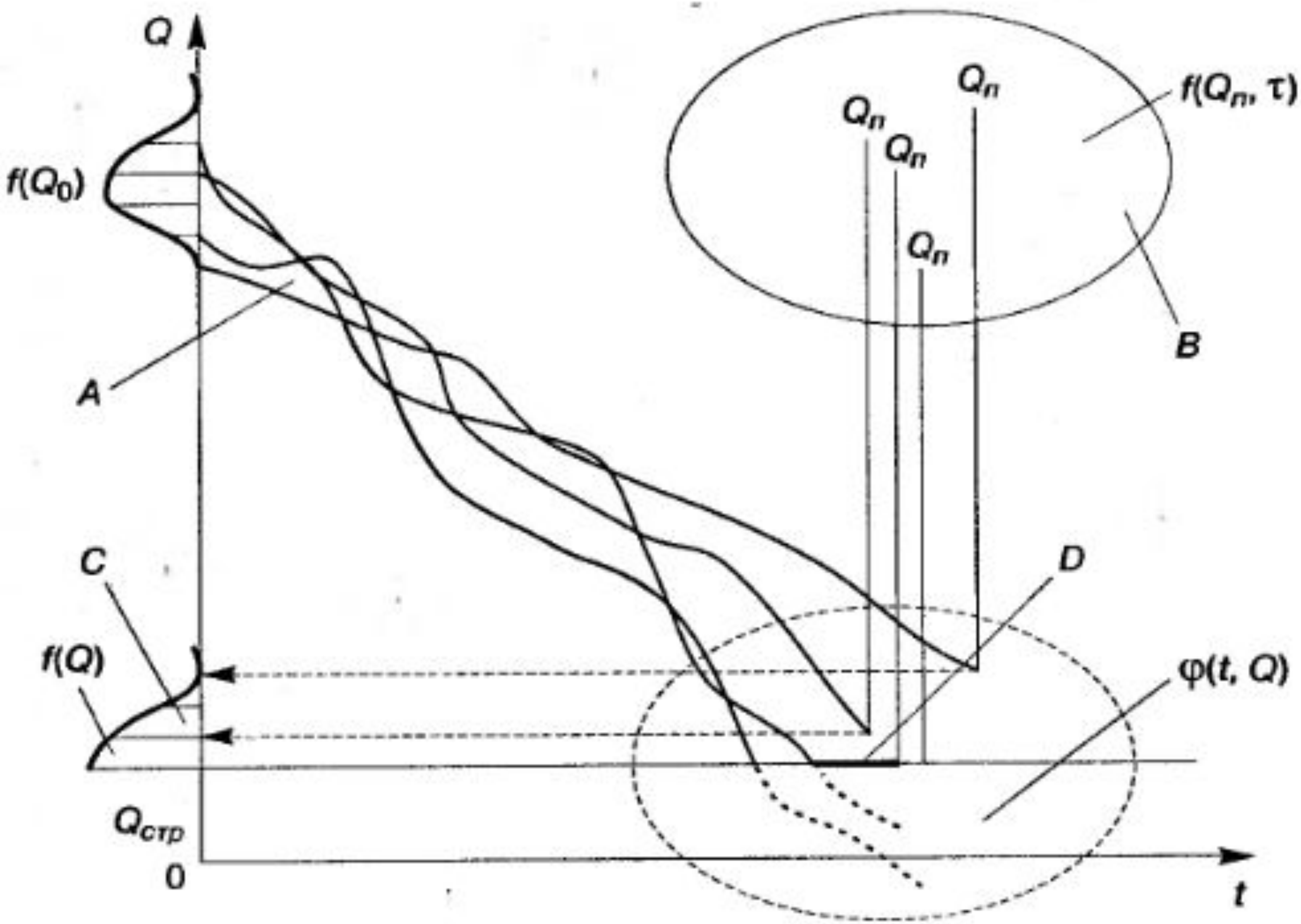

Рис. 9.3. Модель расхода и пополнения запасов с учетом неопределенности спроса и продолжительности цикла заказа

5. Если в момент времени t_j суммарный ежедневный расход Σd_i достигает начального запаса на складе σ, т. е. возникает ситуация дефицита, то предполагается, что неудовлетворенные заявки продолжают накапливаться до случайного момента T_k времени поступления нового заказа. Таким образом, при $\Sigma d_i \geq Q$ речь идет не о реальном, а о прогнозируемом процессе накопления заявок на интервале $\Delta T = T_k - T_j$. Случайные накопленные величины дефицита используются для оценки страхового запаса.

Для расчета величины страхового запаса в условиях неопределенности в работах рекомендована формула

$$Q_{стр} = k\sigma_c \quad (6)$$

где k – коэффициент, определяемый с помощью табулированной функции $f(k)$; σ_c общее среднее квадратичное отклонение.

Функция $f(k)$ - функция потерь, которая определяется площадью, ограниченной правой ветвью «кривой нормального распределения». В табл. 9.10 приведены значения k и $f(k)$

Таблица 9.10

Значения функции потерь $f(k)$ и коэффициента k (фрагмент)

$f(k)$	k	$f(k)$	k
0,3989	0,0	0,0366	1,4
0,3068	0,2	0,0232	1,6
0,2304	0,4	0,0110	1,8
0,1686	0,6	0,0074	2,0
0,1202	0,8	0,0036	2,3
0,0833	1,0	0,0014	2,6
0,0561	1,2	0,0003	3,0

Функция $f(k)$ рассчитывается по формуле (9.7)

$$f(k) = (1 - S_L)Q/\sigma_c$$

Где SL – величина дефицита; Q – размер заказа.

Входящее в формулы (9.6) и (9.7) общее среднее квадратическое отклонение рассчитывается по формуле

$$\sigma_c = \sqrt{\bar{T}\sigma_D^2 + \bar{D}^2\sigma_T^2},$$

где $\bar{T}, \bar{D}$ — соответственно среднее значение продолжительности функционального цикла и количество продаж продукта в день; σ_T, σ_D – соответственно средние квадратические отклонения случайных величин T и D.