

# О превращении Санкт-Петербурга в «Триумфальную Логистическую Арку» России

- Профессор, заведующий кафедрой Логистики и организации перевозок Санкт-Петербургского государственного инженерно-экономического университета
- Валерий Лукинский

## Количественная оценка ключевой логистической функции «управления запасами» в работах иностранных авторов

Авторы	Наименование	Предыдущие издания	Количество формул	
			всего	по запасам
Баурсокс Д. Дж., Клосс Д. Дж. [6]	Логистика. Интегрированная цепь поставок. 2-е изд. на русском языке, 2005. 640 с.	1978 1986 1996 (переиздается с переработкой с 1974 г.)	Около 26 формул и несколько решений	Около 12 формул и примеры
Ballou Ronald H. [194]	Business. Logistics. Management. 4-е, 1999. 682 с.	1992	Больше 26 формул	Больше 26 формул
Blanchard Benjamin S.	Logistics Engineering and Management, 5 edition, 1998. 526 с.	1974 1981 1986 1992 1998	Больше 26 формул	Несколько формул (~5)
Coyle John J. Bardi Edward J. Langley Jr. C. John [200]	The Management of Business Logistics. A supply Chain Perspective. 7-е edition, 2003. 708 с.	1976 1992 1996	Около 15 формул и примеры решений.	Все формулы для расчета запасов
Кристофер Мартин [68]	Логистика и управление цепями поставок. 2-е изд., 2004. 316 с.	1992	1 формула и несколько решений (~6) в литературной форме.	Одна (модель EОQ)
Лайонс К., Джиллингем М. [74]	Управление закупочной деятельностью и цепью поставок (перевод с 6-го издания), 2005. 798 с.	Первое издание 1981 г.	Около 10 формул и примеры в литературной форме.	Почти все формулы для расчета запасов

## Продолжение таблицы

Авторы	Наименование	Предыдущие издания	Количество формул	
			всего	по запасам
Линдерс Майкл Р., Фирон Харольд Е. [76]	Управление снабжением и запасами, 2002. 768 с.	Выдержали в США более 10 переизданий	5 формул	4 формулы
Джонсон Джеймс С. Вуд Дональд Ф. Варлоу Дэниел Л.и др. [32]	Современная логистика. 7-е издание, 2002. 624 с.	1996 1999	1 формула	Одна (модель EOQ)
Мате Э., Тиксье Д. [114]	Логистика. 5-е издание, 2003. 128 с.	Первое издание - середина 80-х годов	нет	нет
Сковронек Ч., Сариуш-Вольский З. [157]	Логистика на предприятии, 2004. 400 с.	-	Более 26 формул	Более 26 формул
Сток Джеймс Р., Ламберт Дуглас М. [165]	Стратегическое управление запасами, 4-е издание, 2005. 797 с.	1982 1987 1993 2001	Около 11 формул	Около 8 формул
Уотерс Дональд [173]	Логистика. Управление цепью поставок, 2003. 503 с.	2003	8 формул и несколько решений (в литературной форме)	4 формулы и примеры
Шапиро Джереми Ф.	Моделирование цепи поставок. 2006. 720 с.	2001	Больше 26 формул	Около 5 формул
Шрайбфедер Д. [188]	Эффективное управление запасами, 3-е издание, 2005. 304 с.	1999	Около 15 в литературной форме.	Трудно выделить.

## Относительные оценки частоты описания (применения) различных моделей и методов управления запасами, %

Наименование модели, метода	Иностранные источники (см. табл. 1.17)	Российские источники	
		Работы по логистике (общие)	Работы по логистике (специальные)
Текущий запас, модель EOQ (формула Уилсона)	93	91	100
Страховой запас (формула Феттера)	56	36	40
Корректированные варианты основной модели EOQ	28	36	30
Модификации EOQ (немгновенная разгрузка, учет дефицита)	21	45	70
Учет ограничений и скидок	21	18	80
Многономенклатурные задачи	21	9	30
Многопродуктовые задачи	14	-	10
Статическая задача (одноцикловая поставка)	21	9	30
Модели (стратегии) управления запасами - «точка заказа»	49	81	70
- с фиксированной периодичностью	56	81	70
Многоуровневые (эшелонированные системы)	28	9	20

Формулы для расчета оптимальной величины заказа

Ситуация	Формула	Условные обозначения
Расчет общих затрат на создание и поддержание запаса	1. $T = I \frac{Q}{2} + \frac{AS}{Q} + CS$	$A$ – стоимость размещения одного заказа, денежные единицы; $a$ – затраты на хранение единицы продукции с учетом занимаемой площади (объема) склада, руб/м <sup>2</sup> или руб/м <sup>3</sup> ;
Формула Вильсона	2. $Q^* = \sqrt{\frac{2 \times A \times S}{I}}$	$C$ – цена единицы запаса, денежные единицы;
Формула Вильсона при учете цены в затратах на хранение запасов	3. $Q^* = \sqrt{\frac{2 \times A \times S}{i \times C}}$	$D$ – объем поступления ТМЦ на склад в течение планового периода, денежные или натуральные измерения;
Расчет ОРЗ при учете полного объема затрат на хранение	4. $Q^* = \sqrt{\frac{2 \times A \times S}{I + iC}}$	$d$ – среднесуточный объем поступления ТМЦ на склад, денежные или натуральные единицы измерения/день;
Расчет ОРЗ с учетом постепенного пополнения	5а. $Q^* = \sqrt{\frac{2AS}{I(1-\frac{s}{d})}}$ 5б. $Q^* = \sqrt{\frac{2AS}{I(1-\frac{S}{D})}}$	$H$ – издержки дефицита, денежные единицы измерения/единица запаса; $I$ – затраты на хранение единицы запаса в плановом периоде времени, денежные единицы измерения/единица запаса;
Расчет ОРЗ с учетом потерь от дефицита	6. $Q^* = \sqrt{\frac{2 \times A \times S}{I}} \times \sqrt{\frac{H + I}{H}}$	$\bar{I}$ – вектор затрат на хранение единицы запаса различных наименований в плановом периоде времени, денежные единицы измерения/единица запаса; $i$ – доля цены продукции, приходящейся на за-

Расчет ОРЗ с учетом потерь от дефицита при постепенном пополнении	$7. Q^* = \sqrt{\frac{2AS}{I}} \times \sqrt{\frac{1 + \frac{I}{H}}{1 - \frac{s}{d}}}$	<p>траты по хранению, денежные единицы измерения/единица запаса;  <math>k</math> – коэффициент, учитывающий пространственные габариты единицы продукции, м<sup>2</sup>/шт. или м<sup>3</sup>/шт.;</p>
Расчет оптимального многономенклатурного заказа	$8. Q^* = S_i \times \sqrt{\frac{2A}{\bar{S} \times I}}$	<p><math>Q</math> – размер заказа, восполняющего запас, денежные или натуральные единицы измерения;  <math>Q^*</math> – ОРЗ, денежные или натуральные единицы измерения;</p>
Расчет ОРЗ с учетом НДС	$9. Q^* = \sqrt{\frac{2 \times A \times S}{I + i \times r \times C}}$	<p><math>r</math> – коэффициент ставки НДС;  <math>S</math> – потребность в запасе в плановом периоде, денежные или натуральные единицы измерения;</p>
Расчет ОРЗ с учетом затрат на хранение на единицу площади или объема	$10. Q^* = \sqrt{\frac{2AS}{I}} = \sqrt{\frac{2AS}{akS}} = \sqrt{\frac{2A}{ak}}$	<p><math>\bar{S}</math> – вектор потребностей в запасе различных наименований в плановом периоде времени, денежные или натуральные единицы измерения;  <math>S_i</math> – потребность в запасе <math>i</math>-го наименования в плановом периоде, денежные или натуральные единицы измерения;  <math>s</math> – среднесуточная потребность в запасах, денежные или натуральные единицы измерения/день;  <math>T</math> – общие затраты на создание и поддержание заказа, денежные единицы измерения.</p>

## Stages of the development of the inventory management theory

Этап	Наименование и краткая характеристика этапа	Ученые, внесшие наибольший вклад в развитие этапа
XVIII-XIX в.в.	Ранний период развития в рамках общей экономической теории	А. Смит, Д. Риккардо, К. Маркс и другие
Первый 1910-1940 г.г.	Фрагментарный - отдельные разработки, например, модель EOQ, «правило Парето», модель производственного заказа, простые модели управления запасами и др.	В. Парето, Ф. Харрис, Р. Уилсон, Е. Тафт, К. Андлер, Ф. Раймонд и другие
Второй 1940-1970 г.г.	Основной - формирование теории управления запасами (методы расчета показателей различного вида запасов, модели (стратегии) управления запасами, регулирование и управление запасами в многоуровневых системах)	Р. Браун, Дж. Букан, Г. Вагнер, Х. Дикей, Э. Кенингсберг, Т. Уайтин, Р. Феттер, Дж. Хедли, А. Гнеденко, О. Проценко, Ю. Рыжиков, В. Сакович, Е. Хруцкий и другие
Третий 1970 г. – по настоящее время	Логистический - развитие аналитических моделей и активное использование информационных технологий при управлении запасами в цепях поставок (системы MRP, DRP, ERP планирования и распределения ресурсов, концепция JIT, QR, VMI и др.)	Р. Баллоу, Дж. Баурсокс, Р. Коул, Дж. Клосс, Дж. Сток, Д. Ламберт, М. Кристофер, Д. Уотерс, Б. Аникин, М. Гордон, А. Долгов, В. Дыбская, К. Инютина, Л. Миротин, Ю. Неруш, С. Резер, В. Сергеев, А. Смехов, В. Степанов, С. Уваров, Л. Федоров и другие
Четвертый (гипотетический)	Возможные варианты: 1. Эволюция (активизация информационных технологий и автоматизация принятия решения) 2. Качественный «скачок» в виде синтеза аналитических методов и имитационно-вероятностных моделей, реализуемых с помощью информационных технологий	Научные коллективы ученых разных стран: Великобритания, Германия, Индия, Китай, Российская Федерация, Соединенные Штаты Америки

# Comparison of the theoretical and real EOQ models:

Сравнительная характеристика параметров теоретической и реальной моделей оптимального размера заказа:

<b>Parameter</b> Параметр	<b>Theoretical model</b> Теоретическая модель	<b>Real model</b> Реальная модель
$A,$ $C_0,$ $C_{II},$ $i$	Все параметры рассматриваются как постоянные (детерминированные) величины	Потребность в продукте $A$ в общем случае переменная, случайная величина, динамический ряд которой включает тренд и сезонность; $C_0$ - переменная величина, зависящая от объема заказа и вида транспортного средства; $C_{II}(i)$ – при учете скидок дискретно (или непрерывно) изменяющаяся величина.
$q_0$ $T$ $N$	Все показатели считаются постоянными, при этом заказ $q_0$ поставляется полностью и мгновенно; период $T$ и количество заказов $N$ не могут быть изменены	В ряде случаев наблюдается значительная вариация всех показателей по сравнению с расчетными величинами, что приводит к затовариванию либо дефициту; если время разгрузки $\tau$ соизмеримо с $T$ (немгновенная разгрузка), то это должно учитываться при расчете показателей модели; если заданы $T$ (или $N$ ), то вместо $q_0$ рассчитываются величина заказа и соответствующие затраты.
Ограничения и нелинейности $C_0, C_{II}, i, q_0$ $T, N$	Не рассматриваются и не учитываются никакие виды ограничений и нелинейностей.	Виды ограничений -может быть минимальная и максимальная величина заказа; -грузоподъемность и грузовместимость транспортных средств; -складская площадь (объем), где размещается заказ; -количество заказов (периодичность поставок) в плановый период; -финансовые ограничения на приобретение заказов и сроки выплат и т.д. Виды нелинейностей -затраты на $C_0, C_{II}$ и хранение в зависимости от объема заказа, тарифов, скидок и т.п. -возникновение дефицита при отсутствии (или превышении) страхового запаса.



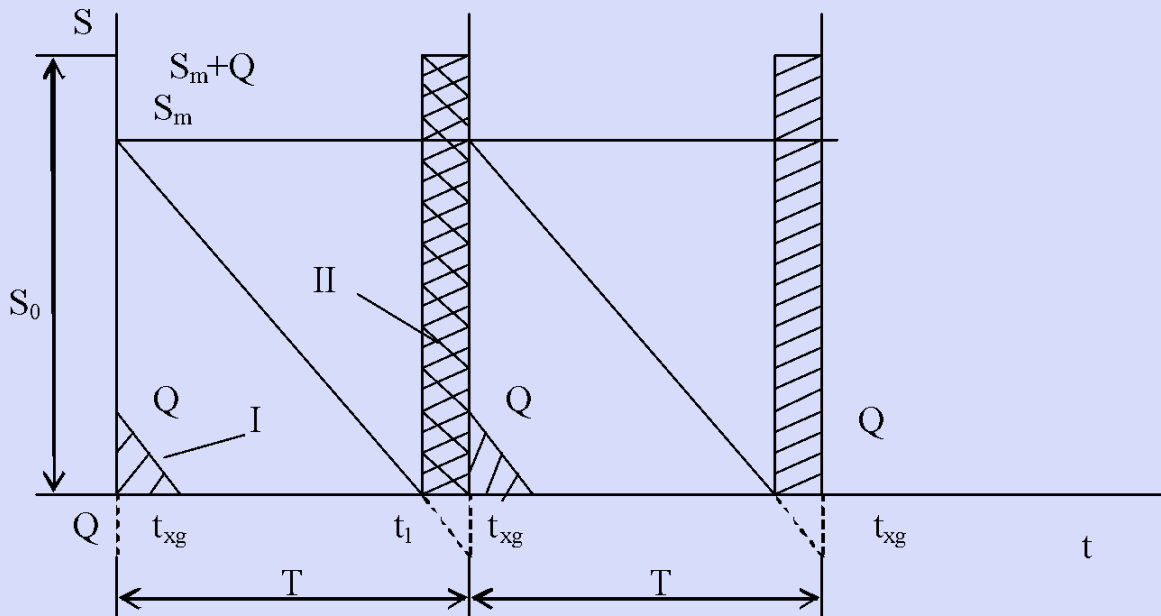
# The modified model of a current stock with the postponed deficiency

1. Traditional model of total expenses

$$C_{\Sigma}^* = C_3 + C_x + C_{\text{д}}$$

2. Offered model of total expenses

$$C_{\Sigma}^* = \frac{AC_0}{S} + \frac{C_x S_m^2}{2S} + \frac{C_g (S - S_m)^2}{2S} + \frac{C_x^* (S - S_m)^2}{2S} + \alpha k \theta (S - S_m)$$



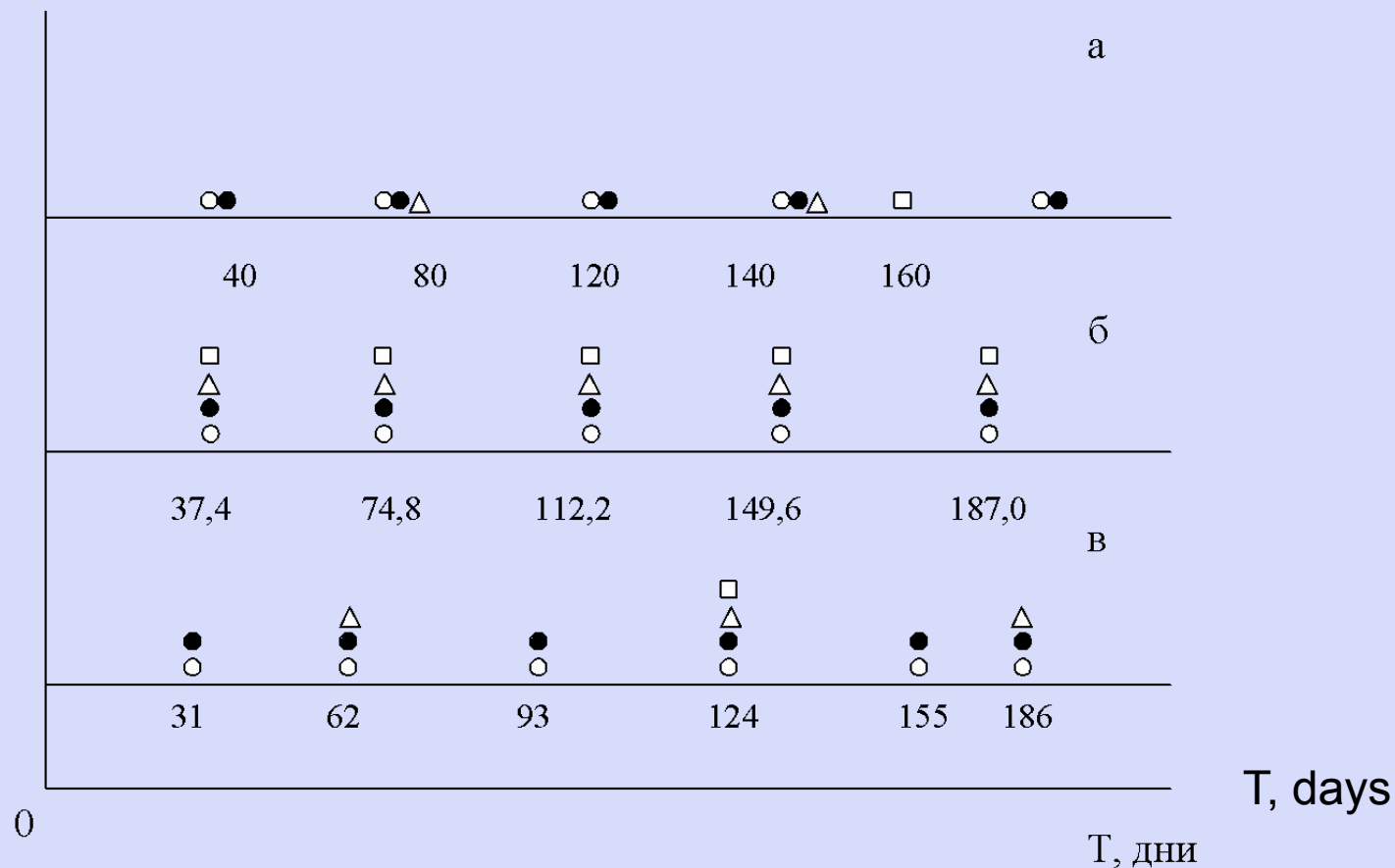
I - not instant satisfaction of deficiency  
 II - payment of a warehouse during deficiency

## Results of calculations of parameters for various variants of model with the postponed deficiency

Parameters	Variants			
	Model EO Q	Traditional model with deficiency	Corrected model with deficiency (in view of not instant realization (unloading)	Corrected model with deficiency (in view of not instant realization (unloading) and expenses for idle time of a warehouse)
Optimum party of delivery	82	100	95	84,4
The maximal size of a current stock	(82)	67	79	74
Deficiency	0	33	16	10,4
Minimal total expenses $C_{\sum_{\min}}$	12248	10000	10606	11860
Components of $C_{\sum_{\min}}$ - performance of the order	6124	5000	5263	5924
- storage (a current stock)	6124	3367	3978	4866
- losses because of deficiency	-	1633	909	192
- storage of a stock (in view of not instant repayments of deficiency)	-	-	455	96
- on the maintenance of a warehouse (for the period of a scarce situation)	-	-	-	780

# Different strategies of multi-objective deliveries:

Различные варианты стратегии многономенклатурных поставок:









а – independent deliveries / независимая поставка; б – simultaneous / одновременная поставка;  
в – divisible periods / кратная поставка.

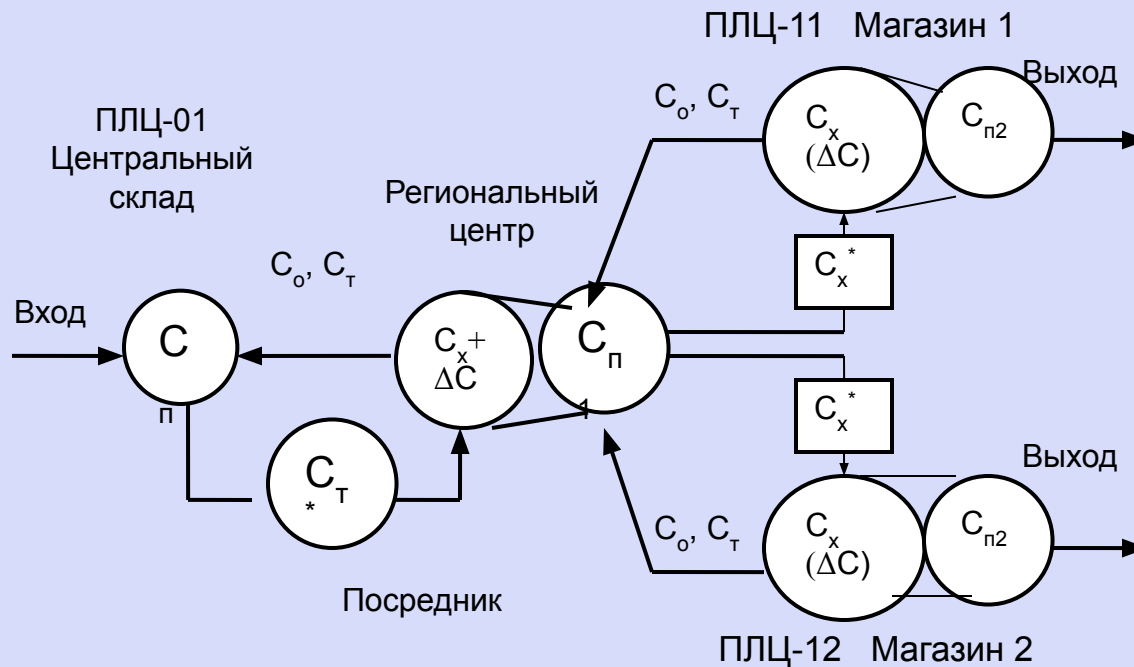
- - product 1 (1 вид продукции) ● - product 2 (2 вид продукции);
- △ - product 3 (3 вид продукции) □ - product 4 (4 вид продукции).

# Model EOQ: perspectives of development

## Перспективы развития модели EOQ:

-  **Gradual transition from the from the assumptions accepted at a conclusion of EOQ formula at its updating, by introduction of real parameters (casual, interconnected and interdependent), factors reflecting a plenty and making expenses;**
  -  **The obligatory account in model of the every possible restrictions connected with influence of internal factors;**
  -  **The detailed, authentic analysis of all expenses, their identification and unequivocal treatment;**
  -  **Reasonable complication models, its differentiation without which it is impossible to approach analytical dependences to practical applied problems;**
  -  **Development of the special program computer maintenance, allowing to make calculations of all possible variants of EOQ formula, to analyze them and to carry out a choice of effective decisions.**
- 
-  - постепенный переход от допущений, принятых при выводе формулы Уилсона и ее модификаций, путем введения реальных параметров (случайных, взаимосвязанных и взаимозависимых), отражающих большее количество факторов и составляющих затрат;
  - обязательный учет в модели всевозможных ограничений, связанных с воздействием внутренних и внешних факторов;
  - подробный, достоверный анализ всех затрат (издержек, расходов), их идентификация и однозначная трактовка;
  - разумное усложнение модели, ее дифференциация, без которой невозможно приблизить аналитические зависимости к практическим прикладным задачам;
  - разработка специального пакета для ПК, позволяющего проводить расчеты для всей гаммы возможных вариантов модели EOQ, анализировать их и осуществлять выбор эффективных решений.

## Logistics network which includes three SLC: “central warehouse – regional center – shops”



### Calculation results of logistics network

Номер ПЛЦ	Описание ПЛЦ	Расчетный вариант ПЛЦ	$C_{\Sigma}$ , руб.
01	Центральный склад региональный центр	первый	1581
11	региональный центр- магазин 1	четвертый	551
12	региональный центр – магазин 2	пятый	1400
Сумма	-	-	3532

## Conceptions of the optimal costs in the Supply Chain:

Концепции оптимальности логистической цепи поставок:

### Minimum of the total costs, economical approach:

Критерий минимума общих издержек: экономический подход:

$$C_{\Sigma 0} = \sum_{i=1}^n \min C_i$$

### Minimum of the total costs, logistical approach:

Критерий минимума общих издержек: логистический подход:

$$C_{\Sigma 1} = \min \sum_{i=1}^n \text{opt} C_i$$

$C_i$  : purchase expanses - ( $C_3$ ), expanses on the production - ( $C_{\Pi}$ ), storing expanses - ( $C_X$ ), transportation costs - ( $C_T$ ) etc.

$C_i$  :затраты на закупочную деятельность ( $C_3$ ), производство ( $C_{\Pi}$ ), хранение ( $C_X$ ), транспортировку ( $C_T$ ) и т.д.

# EOQ model: total costs

Общая модель суммарных затрат:

$$C_{\Sigma} = C_K + C_3 + C_X + C_D + C_L$$

$C_{\Sigma}$  - Total costs / Суммарные затраты

$C_K$  - Purchase expanses / Затраты на приобретение продукции

$C_3$  - Expanses on the order accomplishment / Затраты на оформление заказа

$C_X$  - Storing expanses / Затраты на хранение запаса

$C_D$  - Loses from deficiency / Потери от дефицита

$C_L$  - Latent costs / Латентные, скрытые затраты

## Обобщенный алгоритм выбора и построения транспортно - складской логистической сети



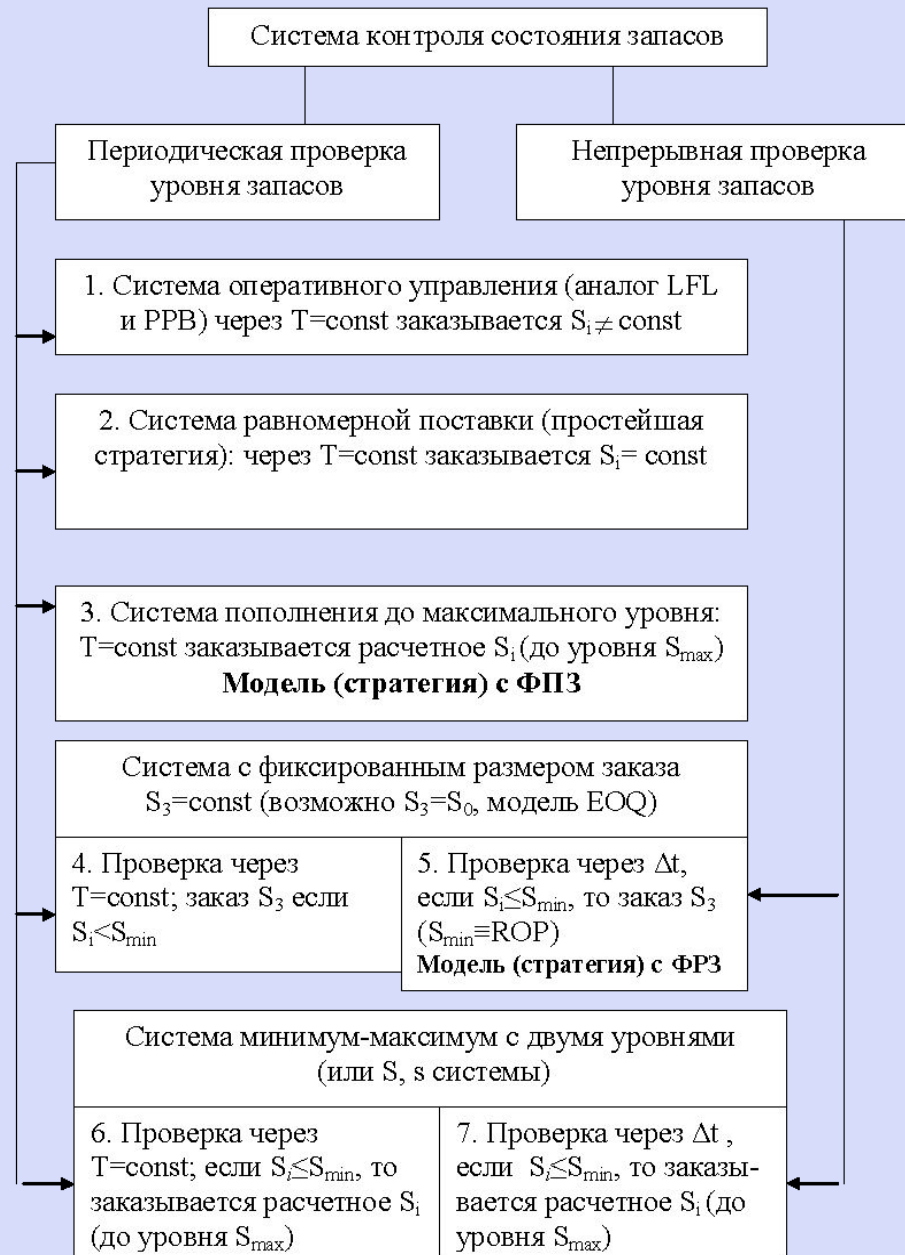


## EOQ model: total costs

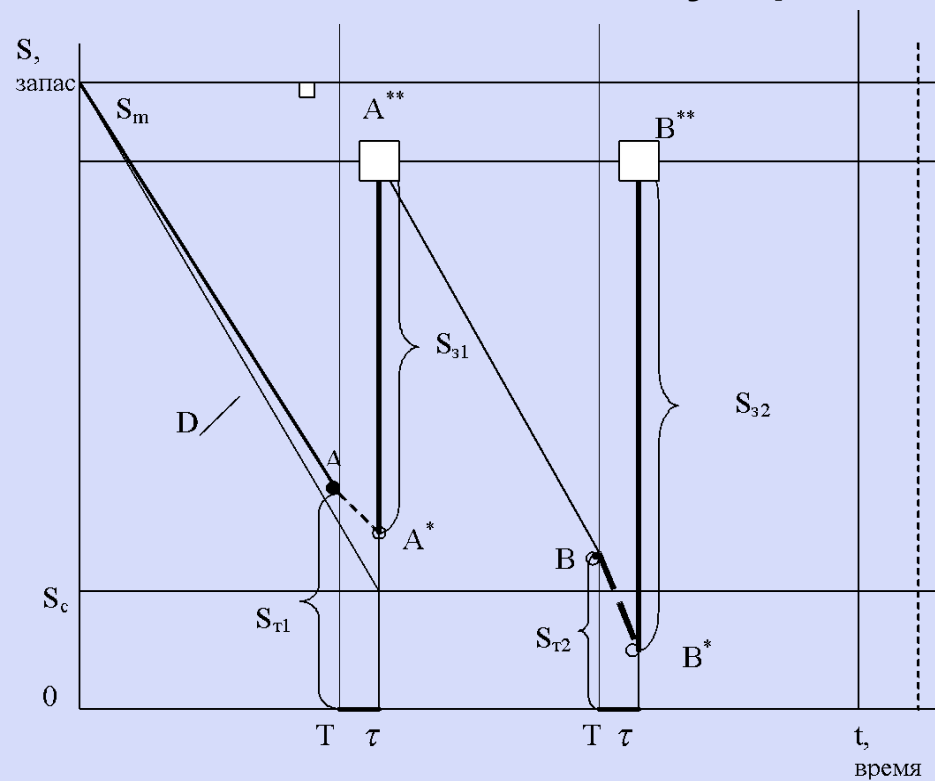
Общая модель суммарных затрат:

$$\begin{aligned} \tilde{N}_{\Sigma} = & \tilde{N}_{\bar{i}} \varphi(l_i, S) + \frac{AC_0(C_i, Q, T_i, M)}{S} + C_{\bar{i}} f S \varphi(l_i S) \xi_1 \\ & + S \psi(\alpha, k_i, \theta) \xi_2 + C_{\tilde{n}} \cdot \eta(t_{\beta}, \sigma_D, \bar{D}, S) + C_{\ddot{A}} F(x_p, \sigma_D, \bar{D}, S) \end{aligned}$$

# Model (strategy) of inventory management



# Function of inventory replacement (with the fixed time period T)



Исходные данные:

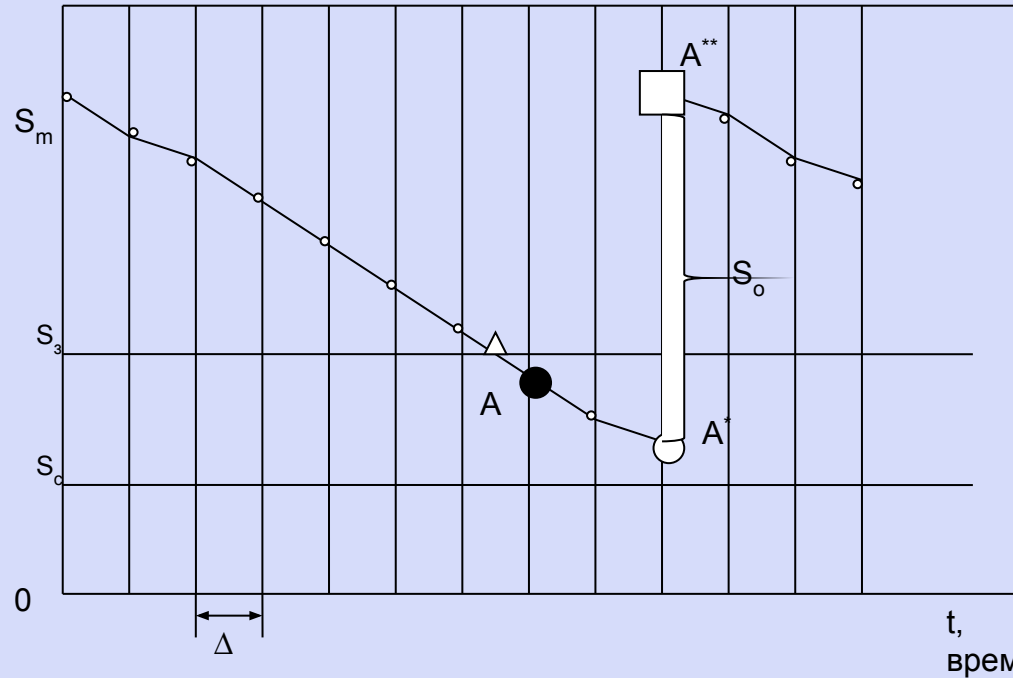
1. Интервал времени –  $T$ , дн.;
2.  $D, \sigma_d$  – среднее и с.к.о. среднесуточного расхода, ед./дн.;
3.  $\tau$  – среднее время выполнения заказа, дн.;
4.  $S_{тн}$  – начальный (текущий) запас, ед.

## Main calculation parameters

Параметр	Первый цикл	Последующие циклы
1. Страховой запас	$S_{c1} = x_p \sigma_d \sqrt{T + \tau_c}$	$S_c = x_p \sigma_d \sqrt{T}$
2. Максимальный запас	$S_m = D(T + \tau) + S_{c1}$	$S_m = DT + S_c$
3. Размер заказа	$S_3 = S_m - S_{тi}$	$S_3 = S_m - S_{тi} + S_{пj}(\tau)$
4. Средний уровень запаса	$S_{cp} = \frac{DT}{2} + S_c$	
5. Общие затраты	$C_{\Sigma} = \frac{A}{S} C_0 + C_x \frac{S}{2} + C_x x_p \sigma_d \sqrt{\frac{S}{D}} + \frac{A}{S} C_q x_p \sigma_d \sqrt{\frac{S}{D}} F(x_p)$	

# Model (strategy) of inventory management with the fixed order quantity

S, запас



- $\triangle$  точка пересечения уровня запаса (ROP);
- $\circ$  - остаток запаса в момент заказа
- $\bullet$  (A) - остаток запаса в момент поступления заказа
- $\square$  - текущий запас в начале следующего интервала ( $A^{**}$ ).

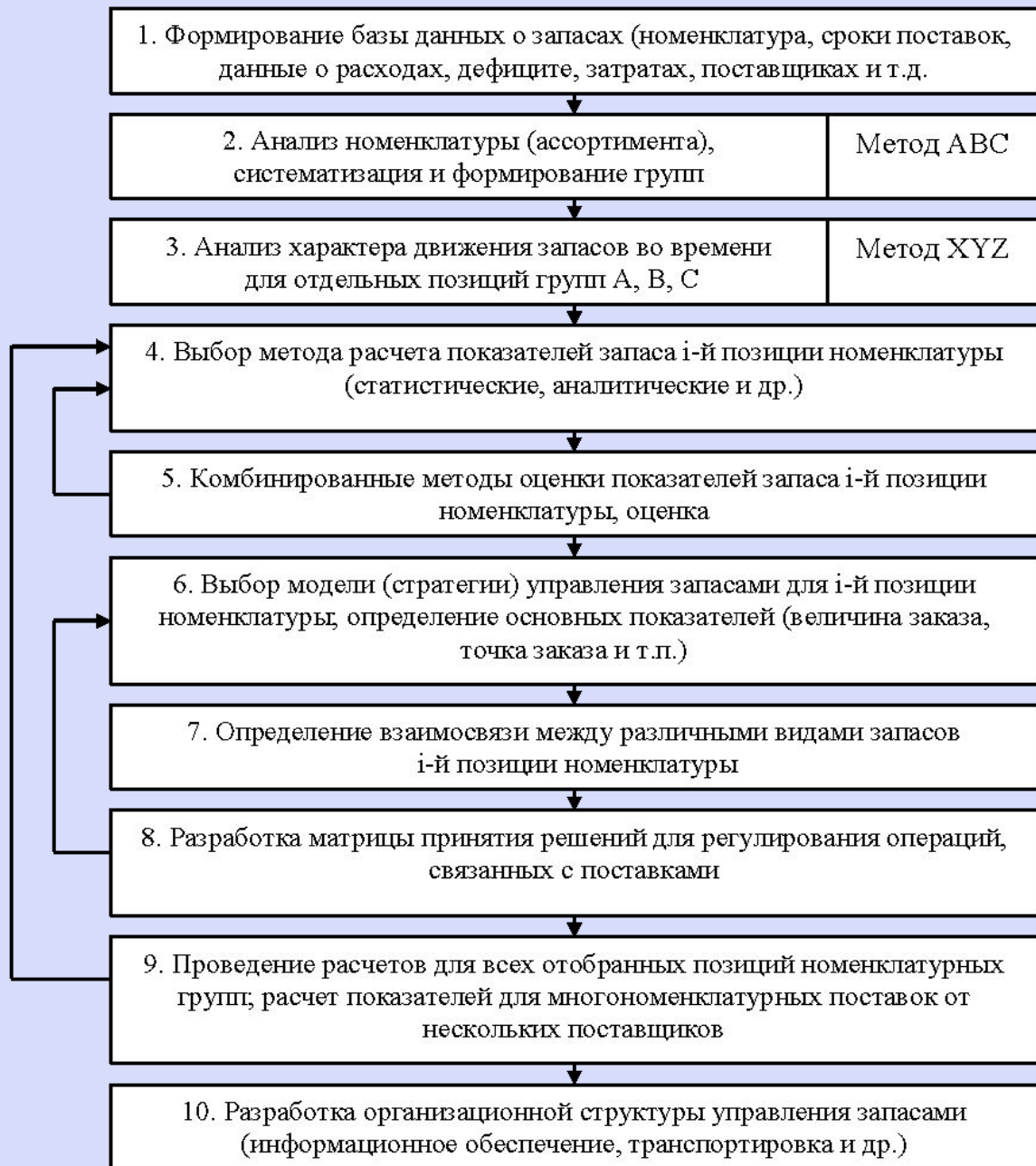
Исходные данные:

1. Размер заказа  $S_0 = \text{const}$
2.  $D, \sigma_d$  - среднее и с.к.о. среднесуточного расхода, ед./дн.;
3. Время выполнения заказа  $\tau(\sigma_\tau)$ , дн.;
4. Интервал времени контроля запаса  $\Delta$ , дн.

## Main calculation parameters

Параметры	Расчетные формулы
1. Страховой запас	$S_c = x_p \sigma_c = x_p \sqrt{(\tau_c + \frac{\Delta}{2}) \sigma_d^2 + d_c^2 \sigma_\tau^2}$
2. Максимальный запас	$S_m = S_0 + S_c$
3. Предельный уровень (точка) заказа ROP	$S_3 = D(\tau + \frac{\Delta}{2}) + S_c$
4. Средний уровень запаса	$S_{cp} = \frac{S_0}{2} + S_c$
5. Общие затраты	$C_\Sigma = \frac{A}{S} C_0 + C_x \frac{S}{2} + C_x S_c(x_p, \sigma_c) + \frac{A}{S} C_{\bar{a}} S_c(x_p, \sigma_c) F(x_p)$

# Algorithm of forming of inventory management system in the supply chains





# Thank you!

Спасибо за внимание!