DOI: 10.37791/2687-0657-2025-19-4-55-64

Влияние потерь на управление внутренним запасом в производстве

С.Н. Любященко[1*]

[1]*Новосибирский государственный университет экономики и управления, Новосибирск, Россия*

[*]*lubsofia@yandex.ru*

Аннотация. Для производственной компании, входящей в цепь с простой или сложной конфигурацией, актуальной задачей является достижение баланса затрат от дефицита и избытка запасов. Для повышения конкурентоспособности и бесперебойности производства фирмы используют различные методы управления запасами, в том числе планирование оптимальной партии поставки. Несмотря на многочисленные исследования по данной тематике, остается открытым вопрос: каково влияние потерь от дефицита на размер запаса? В статье рассматривается задача оптимизации запаса фирмы, обеспечивающего уменьшение рассогласования процесса производства продукта в условиях изменения объема потребляемых компонентов производством под воздействием случайных возмущений. Изучается степень влияния потерь от дефицита на величину запаса и суммарные средние потери, обсуждается вопрос о возможности использования приближенной оценки потерь от дефицита при определении уровня запаса, анализируются результаты решения задачи оптимизации запаса при использовании разных типов распределений с одинаковыми статистическими характеристиками. На практике точное определение потерь от дефицита связано с определенными трудностями и затратами. Расчеты, представленные в статье, позволяют сделать важный вывод, который заключается в том, что ошибки и неточности в определении потерь от дефицита слабо влияют на значения запаса и потерь и не являются препятствием для оптимизации внутреннего запаса. Поэтому в задачах по оптимизации запаса потери от дефицита достаточно определять на уровне реально существующих в деятельности фирмы. Данный вывод представляет собой научную новизну исследования. Статья имеет практическое значение, так как разработанный подход к решению оптимизационной задачи и полученный результат могут быть учтены фирмой при планировании партии поставок в системе управления запасами.

Ключевые слова: внутренний запас, дефицит, функции потерь, производство, фирма

Для цитирования: *Любященко С.Н.* Влияние потерь на управление внутренним запасом в производстве // Современная конкуренция. 2025. Т. 19. №4. С. 55–64. DOI: 10.37791/2687-0657-2025-19-4-55-64

The Impact of Losses on the Management of Internal Inventory in Production

S. Lyubyashenko[1*]

[1]*Novosibirsk State University of Economics and Management, Novosibirsk, Russia*

[*]*lubsofia@yandex.ru*

Abstract. For a manufacturing company entering a chain with a simple or complex configuration, the urgent task is to achieve a cost balance between a shortage and an excess of inventory. To increase competitiveness and production continuity, firms use various inventory management methods, including planning the optimal batch of supplies. Despite numerous studies on this topic, the question remains: what is the impact of losses from scarcity on the size of the stock? The article considers the problem of optimizing the company's stock, which reduces the misalignment of the product production process in the context of changes in the volume of consumed components by production under the influence of random disturbances. The degree of influence of deficit losses on the size of the stock and the total average losses is studied, the question of the possibility of using an approximate estimate of deficit losses in determining the stock level is discussed, the results of solving the problem of optimizing the stock using different types of distributions with the same statistical characteristics are analyzed. In practice, accurate determination of deficit losses is associated with certain difficulties and costs. The calculations presented in the article allow us to draw an important conclusion, which is that errors and inaccuracies in determining losses from scarcity have little effect on the stock and loss values and are not an obstacle to optimizing the internal stock. Therefore, in the tasks of optimizing the stock, it is sufficient to determine the losses from the deficit at the level of those actually existing in the company's activities. This conclusion represents the scientific novelty of the study. The article is of practical importance, since the developed approach to solving the optimization problem and the result obtained can be taken into account by the company when planning a batch of supplies in the inventory management system.

Keywords: internal stock, deficit, loss functions, production, firm

For citation: Lyubyashenko S. The Impact of Losses on the Management of Internal Inventory in Production. *Sovremennaya konkurentsiya*=Journal of Modern Competition, 2025, vol.19, no.4, pp.55-64 (in Russian). DOI: 10.37791/2687-0657-2025-19-4-55-64

Введение

При изучении производственной цепи с горизонтальными и вертикальными связями, специализирующейся на выпуске высокотехнологичной продукции, создание оптимального запаса на каждом участке цепи представляется важной и многоаспектной задачей, поскольку затрагивает вопросы степени загрузки производственных мощностей, входящих в цепь подразделений, трансфертные цены при передаче комплектующих, а также финансовые результаты всех участников.

Запасы традиционно классифицируются на внутренние, создаваемые в каждом звене, и внешние, т.е. суммарные по всей цепи. Эффективная организация управления запасами на уровне фирмы предполагает разработку определенных правил и контрольных мероприятий по движению запасов (попол-

нению и расходованию). Формирование внутрифирменного производственного запаса обеспечивает стабилизацию ее производственной деятельности. Равномерность хода производства фирмы как отдельного звена влечет за собой минимизацию затрат всей цепи. На решение этой задачи направлен механизм координации деятельности звеньев цепи в процессе управления запасами, однако в данной статье этот вопрос не рассматривается. В рамках вертикально интегрированной структуры вопросы движения запасов решаются путем централизованного управления головной фирмой. При отсутствии полной интеграции фирмы могут использовать вертикальные соглашения для обеспечения непрерывности поставок в цепи, состоящей из независимых компаний. Такие долгосрочные контракты между фирмами способствуют повышению их взаимозависимости и сказываются на устойчивости всей структуры.

Несмотря на то что условиями коммерческих контрактов предусматривается компенсация потерь, связанных с нарушение сроков и объемов поставок, полностью избежать хозяйственных рисков не представляется возможным. Кроме внешних рисков, возникающих по вине поставщиков, существуют еще и внутренние риски, связанные с уменьшением объемов производства из-за простоев оборудования. В процессе формирования оптимального запаса необходимо учесть все группы рисков. В связи с этим актуализируется вопрос построения функции потерь фирмы в результате создания неоптимального запаса.

Для достижения поставленной цели в статье решаются следующие задачи: определяются степень влияния потерь от дефицита товарно-материальных ценностей на значения запаса и потерь, а также существенные факторы, которые необходимо учесть при оптимизации внутреннего запаса; разрабатывается методический подход для расчета производственного запаса, минимизирующего затраты.

Основная рабочая гипотеза состоит в том, что потери в связи с дефицитом запаса оказывают слабое влияние на значения запаса и потерь и не являются препятствием для оптимизации внутреннего запаса.

Методологической основой исследования является сочетание системного подхода, теории управления запасами, теории управления предпринимательскими рисками. В исследовании используются *статистические методы анализа*.

Результатом исследования является вывод о том, что в задачах по оптимизации запаса потери от дефицита достаточно определять на уровне реально существующих в деятельности фирмы. Практическая значимость заключается в том, что разработанная модель может быть полезна промышленным предприятиям для точного определения оптимальной стоимости запасов.

Проблема планирования запасов является междисциплинарной и рассматривается в стратегическом менеджменте, теории фирмы, теории управления цепями поставок. Анализ библиографического поля показал, что вопросам создания оптимальных запасов в цепи поставок посвящено большое количество работ. Доминирующим направлением исследований является поиск и построение наилучшей модели управления запасами с целью их оптимизации. Сферы применения концепции управления запасами распространяются как на производственный сектор, так и на ретейл.

Под оптимальным уровнем запаса понимается такой его размер, который обеспечивает минимум суммарных затрат. Различные модели управления запасами, описанные в трудах российских и зарубежных ученых, включают в себя вариативные составляющие: затраты на приобретение партии поставки и ее оформление, складские расходы, потери от дефицита [1–6]. При попытке учесть различные группы затрат функция совокупных потерь существенно усложняется, в связи с чем важно оценить

вклад каждой составляющей в итоговую сумму потерь и те затраты, влияние которых окажется несущественным исключить из модели управления запасами.

Так, например, большое количество исследований посвящено описанию моделей управления запасами в зависимости от характера спроса. При построении математических моделей предполагается стохастический характер спроса [1–5]. В исследованиях по данной тематике используются различные типы распределений (нормальное, Пуассона) для моделирования спроса, что оказывает существенное влияние на результаты оптимизационной задачи [1]. Другие авторы рассматривают детерминированный спрос, выделяя его различные виды – статический и динамический, и модифицируют известные модели расчета оптимальной партии поставок [6, 7].

Несмотря на то что на данный момент разработано много различных моделей управления запасами, в этом направлении исследований существуют некоторые пробелы. Во-первых, не принимается в расчет влияние каждого элемента потерь на общие затраты. Во-вторых, наиболее масштабные модели, систематизирующие все группы потерь, не учитывают расходы на планирование и прогнозирование спроса (потребностей), что сказывается на точности оценок потерь.

В-третьих, в моделях, включающих большое число переменных, повышается риск недостоверного или неполого учета важнейших факторов, а внимание аналитика часто концентрируется на несущественных факторах.

Материалы и методы

В реальности функционирование хозяйствующих субъектов происходит в условиях действия совокупности случайных факторов, приводящих к рассогласованию во времени процессов производства продукции и потребления компонентов для ее изготовления. Важным регулятором снижения степени рассогласования процессов являются создаваемые производственные запасы (резервы), обеспечивающие непрерывность и равномерность хода производства за счет обеспечения достаточности потребляемых компонентов при производстве продукта. Однако полностью исключить рассогласование фаз производства и потребления не удается, в результате чего в системе возникают потери. В такой ситуации производственные запасы выполняют и другую важную функцию: уменьшают потери от рассогласования в результате возмущающего действия случайных факторов на систему.

Использование производственного запаса как инструмента согласования стадий производства и потребления сводится к выбору параметров управления запасом. В статье рассматривается один параметр – средний уровень запаса, поддерживаемый в процессе регулирования, который обязан обеспечивать достаточность потребляемых производством компонентов и определять уровень потерь в системе управления запасом.

В статье вопрос управления запасом рассматривается на уровне фирмы-изготовителя продукции без рассмотрения ее взаимодействия с другими фирмами системы посредством горизонтальных или вертикальных связей. Поэтому речь идет о производственном запасе, который создается фирмой внутри своего собственного производства. Представляется, что различие между внутренним и внешним запасом очевидно не только по выполняемым функциям, но и по содержанию потерь, способам возмещения потерь (ущерба) фирмами друг другу в процессе межфирменного взаимодействия.

Под потерями в системе управления запасом понимаются традиционно обсуждаемые в профильной литературе: это потери от пролеживания (хранение и подготовка к потреблению их в производстве) и потери из-за невозможности обеспечения необходимыми компонентами производства

продукта из-за их недостаточности в производственном запасе (случай дефицита) [8–11]. Если такие потери носят объективный характер и по существу являются расходами с целью обеспечения большей стабильности производства, то, будучи издержками, они должны возмещаться, а потому включаться в цену продукции фирмы. Эти потери полностью определяются выбором уровня запаса (z) и их следует рассматривать как функции $S(z)$ – средние потери от пролеживания и $D(z)$ – средние потери от дефицита, и тогда задачу оптимизации уровня запаса в системе можно представить в виде

$$S(z)+D(z)\underset{z}{\rightarrow}\min. \quad (1)$$

Искомый уровень запаса является компонентой производственного запаса w системы, который равен

$$w=z+x,$$

где x – случайная величина с математическим ожиданием M_x и среднеквадратическим отклонением $\sqrt{D_x}$, статистические значения которых определяются типами используемых распределений. При определении уровня запаса исходим из таких условий производства в системе, когда случаев дефицита компонентов больше, чем их избытка, а потому $M_x \le 0$. Отметим также, что численное значение такой статистической характеристики, как среднеквадратическое отклонение потребления компонентов производственным процессом при изготовлении продукта, характеризует масштаб производства фирмы с вполне приемлемой для прикладных результатов точностью.

Состояние производственного запаса в системе описывается условием

$$w=\begin{cases} z+x\ge 0, \text{ при } x\ge -z \\ z+x<0, \text{ при } x<-z \end{cases}.$$

Заметим, что функции $S(z)$ и $D(z)$ определяются функциями потерь от пролеживания $s(w)$ для $x \ge -z$ и потерь от дефицита $d(w)$ для $x < -z$. Принимая пропорциональную зависимость потерь от состояния производственного запаса, которая чаще всего используется в системах управления запасом, можем записать:

$$S(z)=s\left[\int_{-z}^{\alpha}(x+z)\,p(x)\,dx\right],$$
$$D(z)=-d\left[\int_{\beta}^{-z}(x+z)\,p(x)\,dx\right], \quad (2)$$

где $p(x)$ – плотность распределения случайной величины x;

α, β – пределы интегрирования, определяемые типом распределения случайной величины.

Исходя из суммарной величины средних потерь фирмы-производителя $Z(z) = S(z) + D(z)$, значение поддерживаемого уровня запаса z, соответствующего (1), находится из решения уравнения

$$\angle_z(z)=0 \quad (3)$$

Обратимся к ситуации, когда случайная величина x имеет $N(-a, \sigma)$ распределение. Тогда в условиях (2) пределы интегрирования соответственно будут равны $\alpha = +\infty$, $\beta = -\infty$, а $p(x)$ – плотность распределения вероятности случайной величины x, у которой $M_x = -a$.

Проинтегрировав функции потерь в условии (2), получим:

$$S(z)=s\left[\begin{array}{l}\sigma^2\times\Phi_z'\left(\dfrac{z-a}{\sigma}\right)+\\ +\dfrac{1}{2}(z-a)+(z-a)\times\Phi\left(\dfrac{z-a}{\sigma}\right)\end{array}\right]$$

$$D(z)=-d\left[\begin{array}{l}-\sigma^2\times\Phi_z'\left(\dfrac{z-a}{\sigma}\right)+\\ +\dfrac{1}{2}(z-a)-(z-a)\times\Phi\left(\dfrac{z-a}{\sigma}\right)\end{array}\right]$$

где $\Phi(x)=\dfrac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}}\,dt$ – функция Лапласа.

Средние потери в системе равны

$$Z(z)=S(z)+D(z)=(s+d)\times \left[\sigma^2\Phi_z'\left(\frac{z-a}{\sigma}\right)+(z-a)\times\left(\Phi\left(\frac{z-a}{\sigma}\right)-\frac{1}{2}\times\frac{d-s}{d+s}\right)\right]. \quad (4)$$

Учитывая (1), запишем условие (3):

$$\frac{dZ(z)}{dz}=\frac{d\left(S(z)\right)+D(z))}{dz}=$$

$$=(s+d)\times\Phi\left(\frac{z-a}{\sigma}\right)-\frac{1}{2}(d-s)=0,$$

откуда уровень запаса находится из уравнения

$$\Phi\left(\frac{z-a}{\sigma}\right)=\frac{d-s}{2(d+s)}. \quad (5)$$

Результаты и обсуждение

Из (5) следует, что при известных значениях затрат от пролеживания s и статистических характеристик математического ожидания и среднеквадратического отклонения случайной величины x средний уровень запаса фактически определяется величиной потерь d. Поэтому численные значения отношения $\frac{z-a}{\sigma}$ получим, задавая величину d, используя формулу (5) и функцию Лапласа: для значений $d_1 = 2s$, $d_2 = 5s$, $d_3 = 10s$, $d_4 = 20s$ искомые значения отношений находятся из уравнений

$$\frac{z_1-a}{\sigma}=0,43,\ \frac{z_2-a}{\sigma}=0,96,$$

$$\frac{z_3-a}{\sigma}=1,35,\ \frac{z_4-a}{\sigma}=1,66.$$

Введем параметр $\vartheta=\frac{z-a}{z_1-a}$. Тогда для принятых значений d_i, i = 1(1)4 численное значение параметра равно: θ_1 = 1, θ_2 = 2,23, θ_3 = 3,14, θ_4 = 3,86. Минимальные значения средних потерь определим по формуле (5): $Z(z_1)$ = 1,09σs, $Z(z_2)$ = =1,51σs, $Z(z_3)$ = 1,65σs, $Z(z_4)$ = 2,12σs. Введем параметр ϑ и составим отношения:

$$\vartheta_i=\frac{Z(z_i)}{Z(z_1)}\times i=1(1),$$

тогда ϑ_1 = 1, ϑ_2 = 1,39, ϑ_3 = 1,51, ϑ_4 = 1,94.

Проиллюстрируем графически зависимость значений величин θ и ϑ от соотношения d/s (рис. 1).

Рассмотрим ситуацию, когда случайная величина x имеет $U(b_1,b_2)$ распределение. Для поддержания производственной системы с целью обеспечения ей высокого коэффициента готовности путем проведения регламентных работ могут наблюдаться разные по величине отклонения в потреблении изделий производством с приблизительно одинаковой частостью [12]. В этом случае процесс изменения в потреблении компонентов производством при изготовлении продукта может быть описан статистическими моделями равномерного распределения. При этом математическое ожидание случайной величины x совпадает с математическим ожиданием распределения $N(-a, \sigma)$. Достижение равенства математических ожиданий определяется границами отрезка $U(b_1,b_2)$ = = $(-(k+2)a; ka)$, $k \in R^+$. Ограничим выбор значением $b_2 = a (a > 0)$, тогда $b_1 = -3a$.

Запишем условия (2) для средних потерь от пролеживания и дефицита для данного случая:

$$S(z)=s\left[\int_{-z}^{a}(x+z)\,p(x)\,dx\right],$$

$$D(z)=-d\left[\int_{-3a}^{-z}(x+z)\,p(x)\,dx\right], \quad (6)$$

где $p(x)=\frac{1}{4a}$.

Интегрируем (6) и из условия $Z_z'(z)=0$ для нахождения запаса, минимизирующего величину суммарных потерь, получаем уравнение

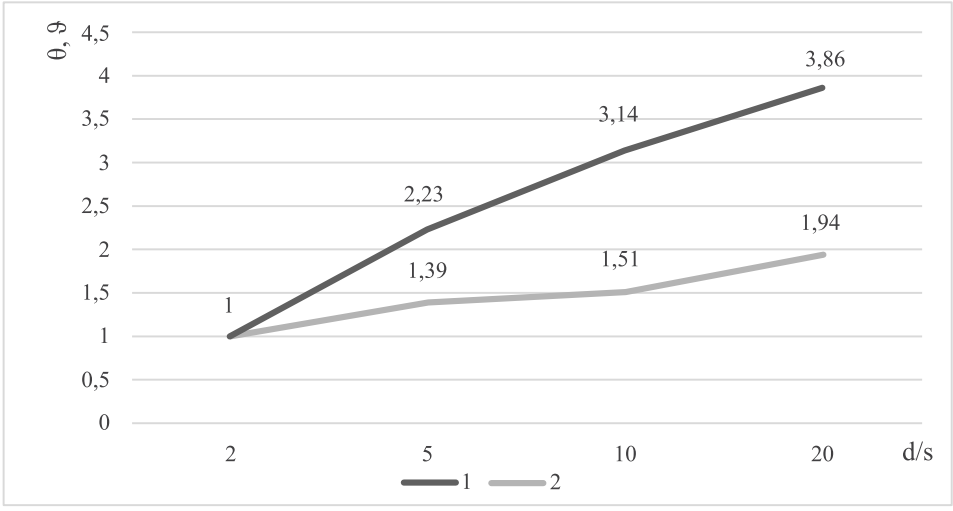

Рис. 1. Зависимость параметров θ, ϑ от значений *d*/*s*: 1 – $\vartheta = \frac{z-a}{z_1+a}$, 2 – $\vartheta = \frac{Z(z)}{Z(z_1)}$

Fig. 1. Dependence of the parameters θ, ϑ on the values of *d*/*s*: 1 – $\vartheta = \frac{z-a}{z_1+a}$, 2 – $\vartheta = \frac{Z(z)}{Z(z_1)}$

$$s(a+z)+d(z-3a)=0,$$

откуда $z = \frac{a(3d-s)}{d+s} = \frac{\sqrt{3}\delta(3d-s)}{d+s}$,

где $\sqrt{D_x} = \delta = \frac{2|a|}{\sqrt{3}}$.

Значения запаса z и средних потерь $Z(z)$ в зависимости от соотношения d/s приведены в таблице 1.

Сравнить результаты расчета значений запаса и средних потерь для нормального и равномерного распределений при одинаковом математическом ожидании весьма затруднительно из-за неопределенности соотношения между среднеквадратическими отклонениями. Такой анализ возможен, если задавать возможные соотношения между σ и δ с помощью множества значений коэффициента ρ: $\sigma = \rho\delta$.

Наконец, рассмотрим значения запаса и минимума средних затрат, когда среднеквадратические отклонения случайной величины x равны

$$\sigma = \delta = \frac{(k+1)}{\sqrt{3}} \times a.$$

Таблица 1. Значения запаса z и средних потерь $Z(z)$ в зависимости от соотношения *d*/*s*

Table 1. The values of the stock z and the average losses $Z(z)$ depending on the ratio *d*/*s*

Запас и потери ***Stock and losses***	**Отношение** ***d/s*** ***The d/s ratio***			
	2	**5**	**10**	**20**
z	1,45δ	2,03δ	2,30δ	2,44δ
$Z(z)$	1,16δs	1,42δs	1,60δs	1,64δs

Таблица 2. Значения запаса и средних потерь при равных статистических характеристиках распределений

Table 2. The values of the margin and average losses with equal statistical characteristics of the distributions

Тип распределения *Type of distribution*	**Значение соотношения d/s** *The value of the d/s ratio*			
	2	**5**	**10**	**20**
$N(-a, \delta)$	Значение запаса *Stock value*			
	1,49a	2,10a	2,55a	2,91a
	Минимум средних потерь *Minimum average losses*			
	1,25as	1,73as	1,90as	2,44as
$U(-3a, a)$	Значение запаса *Stock value*			
	1,67a	2,33a	2,64a	2,81a
	Минимум средних потерь *Minimum average losses*			
	1,33as	1,68as	1,80as	1,91as

Для рассматриваемого случая $\delta \approx 1{,}15a$. В таблице 2 для сравнения результатов приведены значения запаса и минимума средних потерь при нормальном и равномерном распределениях, выраженные через параметр a > 0.

Анализ представленных на рисунке 1 зависимостей позволяет сделать следующие выводы.

Изменение значений запаса и суммарных потерь в зависимости от соотношения d/s невелико: так, например, при потерях от дефицита, превышающих в 10 раз потери от пролеживания, значение параметра $\theta = 3{,}14$, а по суммарным потерям – всего лишь $\vartheta = 1{,}65$ в сравнении с вариантом, когда $d/s = 2$. Аналогичные расчеты при равномерном распределении дают приблизительно такие же сравнительные результаты. Данные таблицы 2 вообще свидетельствуют о довольно близких значениях запаса и суммарных потерь при совпадающих статистических характеристиках распределений.

Ранее отмечалось, что сколько-нибудь точное определение потерь от дефицита на практике связано с определенными трудностями. Расчеты позволяют сделать важный вывод, который заключается в том, что ошибки и неточности в определении потерь от дефицита слабо влияют на значения запаса и потерь и не являются препятствием для оптимизации внутреннего запаса. Поэтому в задачах по оптимизации запаса потери от дефицита достаточно определять на уровне реально существующих в деятельности фирмы.

Выводы

Анализ потерь от дефицита на основе допущения о вероятностном характере спроса с нормальным распределением

показал, что для определения оптимального уровня запаса в условиях ограниченной информации и высокой стоимости ее получения допустимо использовать приближенные оценки потерь от дефицита в связи с их незначительным влиянием на общую величину запаса и потерь. Ошибки в расчете затрат от дефицита оказывают слабое влияние на уровень запасов. Более точная калькуляция затрат на дефицит приводит к незначительному изменению запаса. Таким образом, наша гипотеза подтвердилась результатами исследования.

Список литературы

1. *Грицай А.А.* О многономенклатурной модели управления запасами с недетерминированным дискретным нестационарным видом спроса // Вестник ТвГУ. Серия: Прикладная математика. 2018. № 2. С. 99–123. DOI: 10.26456/vtpmk498.
2. *Sandmann W., Bober O.* Stochastic models for intermittent demands forecasting and stock control // Simulation News Europe. 2010. Vol. 20 (3-4). P. 29–36. DOI: 10.11128/sne.20.tn.09987.
3. *Goyal N., Sakale R.* The optimization of fuzzy integrated models with stochastic demand and a lead time that can be controlled // Journal of Advances and Scholarly Researches in Allied Education. 2024. Vol. 21. P. 410–418. DOI: 10.29070/2j615f05.
4. *Math M., Gopinath D., Biradar B.* Demand driven material requirements planning: An inventory optimization model // International Journal of Agricultural and Statistical Sciences. 2024. Vol. 20. Article 105. DOI: 10.59467/IJASS.2024.20.105.
5. *Abbey A., Olaleye D., Mokogwu C., Olufemi-Phillips A., Adewale T.* Developing inventory optimization frameworks to minimize economic loss in supply chain management // International Journal of Advanced Economics. 2024. Vol. 6. P. 826–836. DOI: 10.51594/ijae.v6i12.1774.
6. *Kumar P.* Inventory optimization model for quadratic increasing holding cost and linearly increasing deterministic demand // International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE). 2019. Vol. 7. No. 6. P. 1999–2004.
7. *Zemestani G., Komari Alaei M., Farshchi M.* The relationship between supply chain management strategies with deterministic and stochastic inventory control models // Proceedings of the 2th International Conference on New Directions in Business, Management, Finance and Economics. 2014. P. 1–7.
8. *Первозванский А.А.* Математические модели в управлении производством. – М.: Наука, 1975. – 616 с.
9. *Рыжиков Ю.И.* Управление запасами. – М.: Наука, 1969. – 344 с.
10. *Хедли Дж., Уатин Т.* Анализ систем управления запасами. – М.: Наука, 1969. – 512 с.
11. *Ватник П.А.* Статистические методы оперативного управления производством. – М.: Статистика, 1978. – 240 с.
12. Точность производства в машиностроении и приборостроении / под ред. А.Н. Гаврилова. – М.: Машиностроение, 1973. – 567 с.

Сведения об авторе

Любященко София Николаевна, ORCID 0000-0002-8484-5232, канд. экон. наук, доцент, кафедра экономической теории, Новосибирский государственный университет экономики и управления (НГУЭУ), Новосибирск, Россия, lubsofia@yandex.ru

Статья поступила 10.06.2025, рассмотрена 14.07.2025, принята 30.07.2025

References

1. Gritsay A. A. Models of multiproduct inventory control with discrete non-deterministic non-stationary demand. *Vestnik TvGU. Seriya: Prikladnaya matematika*=Herald of Tver State University. Series: Applied Mathematics, 2018, no.2, pp.99-123 (in Russian). DOI: 10.26456/vtpmk498.
2. Sandmann W., Bober O. Stochastic models for intermittent demands forecasting and stock control. Simulation News Europe, 2010, vol.20(3-4), pp.29-36. DOI: 10.11128/sne.20.tn.09987.
3. Goyal N., Sakale R. The optimization of fuzzy integrated models with stochastic demand and a lead time that can be controlled. Journal of Advances and Scholarly Researches in Allied Education, 2024, vol.21, pp.410-418. DOI: 10.29070/2j615f05.
4. Math M., Gopinath D., Biradar B. Demand driven material requirements planning: An inventory optimization model. International Journal of Agricultural and Statistical Sciences, 2024, vol.20, article 105. DOI: 10.59467/IJASS.2024.20.105.
5. Abbey A., Olaleye D., Mokogwu C., Olufemi-Phillips A., Adewale T. Developing inventory optimization frameworks to minimize economic loss in supply chain management. International Journal of Advanced Economics, 2024, vol.6, pp.826-836. DOI: 10.51594/ijae.v6i12.1774.
6. Kumar P. Inventory optimization model for quadratic increasing holding cost and linearly increasing deterministic demand. International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE), 2019, vol.7, no.6, pp.1999-2004.
7. Zemestani G., Komari Alaei M., Farshchi M. The relationship between supply chain management strategies with deterministic and stochastic inventory control models. Proceedings of the 2th International Conference on New Directions in Business, Management, Finance and Economics, 2014, pp.1-7.
8. Pervozvanskii A. A. *Matematicheskie modeli v upravlenii proizvodstvo* [Mathematical models in production management]. Moscow, *Nauka* Publ., 1975, 616 p.
9. Ryzhikov Yu. I. *Upravlenie zapasami* [Inventory management]. Moscow, *Nauka* Publ., 1969, 344 p.
10. Hadley J., Watin T. *Analiz sistem upravleniya zapasami* [Analysis of inventory control systems]. Moscow, *Nauka* Publ., 1969, 512 p.
11. Vatnik P. A. *Statisticheskie metody operativnogo upravleniya proizvodstvom* [Statistical methods of operational production management]. Moscow, *Statistika* Publ., 1978, 240 p.
12. *Tochnost' proizvodstva v mashinostroenii i priborostroenii* [Production accuracy in mechanical engineering and instrument making]. Ed. by A. N. Gavrilov. Moscow, *Mashinostroenie* Publ., 1973, 567 p.

About the author

Sofia N. Lyubyashenko, ORCID 0000-0002-8484-5232, Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, Economic Theory Department, Novosibirsk State University of Economics and Management (NSUEM), Novosibirsk, Russia, lubsofia@yandex.ru

Received 10.06.2025, reviewed 14.07.2025, accepted 30.07.2025