

**УПРАВЛЕНИЕ НА ЗАПАСИТЕ ВЪВ ВЕРИГА ЗА ДОСТАВКИ
ПРИ СЛАБ ИНТЕНЗИТЕТ НА ТЪРСЕНЕ НА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИ
ПРОДУКТ И НАМАЛЯВАЩ ОБЕМ НА ДОСТАВКАТА**

**Докторант Александър Ангелов, alexangelov@abv.bg
Катедра „Икономика на търговията“
Университет за национално и световно стопанство**

Резюме: Настоящото изследване е разработено в три параграфа. В първия са разгледани различните видове вериги за доставки, като акцентът е поставен върху двушелонната линейна верига за доставки. След това е направен преглед на теоретичните аспекти на моделите за изследване и симулиране на управлението на запасите в нея. Във втория параграф е адаптирана методология за сравнителен анализ на управлението на запасите при икономически размер на доставката и модел на верига за доставки, в зависимост от търсенето и при намалено количество за доставка. Третият параграф представя анализ на емпирични резултати, вследствие на което е доказано, че при управление на запасите във верига за доставки, общите разходи са на по-ниски равнища.

Ключови думи: двушелонна линейна верига за доставки, икономически размер на доставката, управление на запасите

JEL: C61, L81

**SUPPLY CHAIN MANAGEMENT IN LOW DEMAND INTENSITY FOR
ELECTRICAL PRODUCTS AND REDUCING DELIVERY VOLUME**

**Alexandar Angelov Angelov, PhD student, valexangelov@abv.bg
Economics of Trade Department
University of National and World Economy**

Abstract: The present study is developed in three paragraphs. The first one provides information regarding different types of supply chains, with an emphasis on the two-echelon linear supply chain. Secondly, preview of theoretical aspects of the models for researching and simulating the inventory management is conducted. The second paragraph adapts a methodology for inventory management comparative analysis by economic order quantity and supply chain model, depending on demand and reduced supply quantity. The third paragraph presents an empirical results analysis that consequently confirms that when managing inventory in the supply chain, the overall costs are lower.

Key words: two echelon linear supply chain, economic order quantity, inventory management

JEL: C61, L81

УПРАВЛЕНИЕ НА ЗАПАСИТЕ ВЪВ ВЕРИГА ЗА ДОСТАВКИ ПРИ СЛАБ ИНТЕНЗИТЕТ НА ТЪРСЕНЕ НА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИ ПРОДУКТ И НАМАЛЯВАЩ ОБЕМ НА ДОСТАВКАТА

**Докторант Александър Ангелов, alexangelov@abv.bg
Катедра „Икономика на търговията“
Университет за национално и световно стопанство**

Въведение

Целта на разработката е да се обоснове предимството от управление на запасите във веригата за доставки чрез сравняването и оценяването на параметрите на моделите за управление на запасите при икономически обоснован размер на доставка и при линейна двуешелонна линейна верига за доставка. За постигането на целта са поставени следните задачи: първо, теоретичен преглед на моделите за изследване и симулиране управлението на запасите във веригата за доставки; второ, адаптиране и прилагане на методология за сравнителен анализ чрез оптимизиране на икономическия размер на доставката и модел на линейна двуешелонна верига за доставки в зависимост от търсенето и при намалено количество за доставка; трето, формулиране на изводи от емпиричния сравнителен анализ. Обект на изследването са търговци на едро и дребно, реализиращи електротехнически продукти. Предмет на изследването е апробирането на методика за сравнителен анализ между обема на общите разходи, получени чрез изчисляване на икономически размер на доставката и разходите при модел на линейна двуешелонна интегрирана верига за доставки в търговията с електротехнически продукти, в зависимост от търсенето и при намалено количество за доставка.

1. Теоретични аспекти на моделите за изследване в управлението на запасите във веригата за доставки

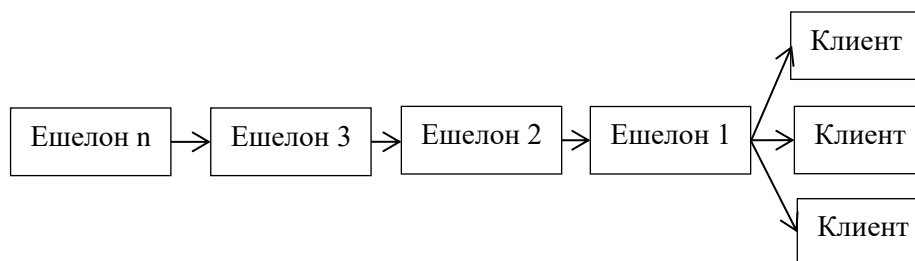
При изследване на веригата за доставки се прилагат модели, които са наречени ешелонни, защото се предполага, че във веригата за доставки участват минимум две предприятия или подразделения, ако са на един собственик. Възприето е всеки участник във веригата за доставки да се описва като ешелон (Clark & Scarf, 1960, pp. 475–490). Това е следствие от прилагането на интегрираната логистика и идеите за координиране на запасите във веригата за доставки. Интегрираният подход към управлението на запасите предполага разглеждането на материалните ресурси, съхранявани на различни стадии на производствения и разпределителния процес, при отделните участници във веригата за доставки, като система (Бадюкин, Лукинский, Малевич, Степанова, & Шульженко, 2010, стр. 235 – 237). Мрежовата структура, обединена в единна система като верига за доставки, има следните особености по отношение на управлението на запасите (Бадюкин, Лукинский, Малевич, Степанова, & Шульженко, 2010, стр. 237):

- материалните запаси се формират на няколко йерархични нива, съответстващи на определен технологичен етап на производството и разпределението;

- между равнищата на запасите съществува взаимна свързаност и взаимна зависимост, обусловени от производствената технология и възприетата система на разпределение.

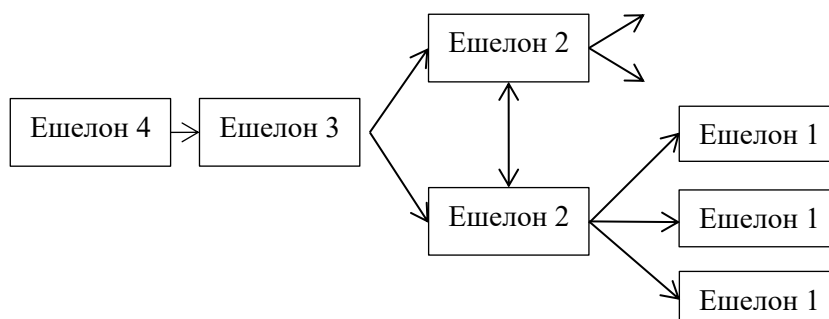
Всяка една верига за доставки може да се класифицира според нейната структура, влияеща се от броя на участниците (ешелоните) в нея. Някои автори (Бадюкин, Лукинский, Малевич, Степанова, & Шульженко, 2010, стр. 240-243) (Axsater, 2006, pp. 188 – 195) (Vrat, 2014, pp. 196 – 199) (Silver, Pyke, & Thomas, 2017, pp. 491 – 496) се обединяват около определени структури на веригата за доставки:

- **Линейна структура (серийна)** – на всяко равнище от системата съществува не повече от един ешелон (фиг. 1.). Веригата за доставки с линейна структура се възприема като най-трудната за управление на запасите структура. Тя може да включва множество равнища в себе си, като най-изследвана е двуешелонната верига за доставки за управление на запасите. Обикновено първият ешелон е търговец на дребно, като преди него се включват крайните клиенти, вторият е централен склад (търговец на едро, дистрибуционен център), третият е производствено предприятие, четвъртият (n) – доставчик на производствено предприятие.



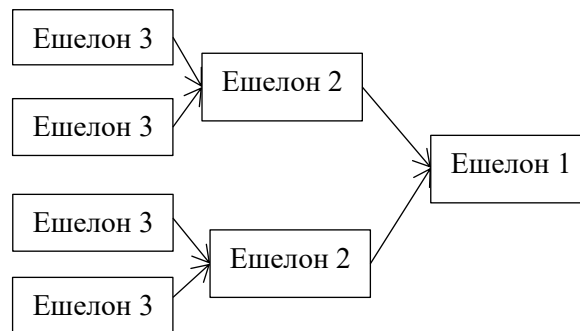
Фигура 1. Линейна структура на верига за доставки
Източник: (Axsater, 2006, pp. 188 – 195)

- **Разпределителна (дистрибуционна) структура** – това е типична схема за разпределение на стоките между централен склад, регионални складове и търговци на дребно (фиг. 2.). Особеното при тази структура е, че на всяко равнище, по посока на движение на стоката (материалния поток), ешелоните могат да се увеличават като брой, но всеки ешелон на системата има само един непосредствен предшественик.



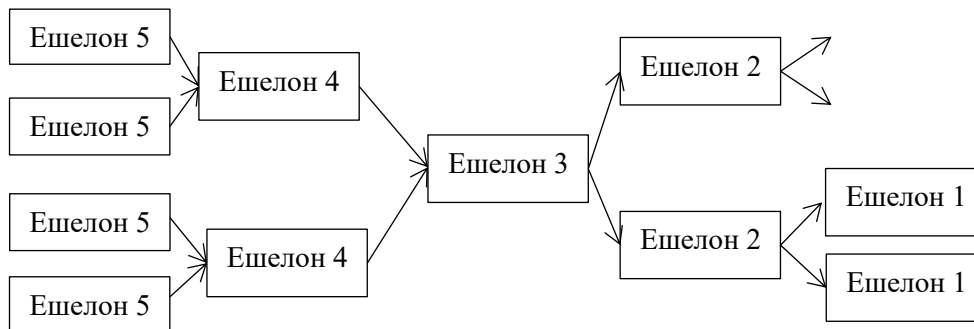
Фигура 2. Разпределителна (дистрибуционна) структура на верига за доставки
Източник: (Axsater, 2006, pp. 188 – 195)

- Концентрационна структура – броят на паралелните ешелони в системата намалява по посоката на движение на материалния поток и всеки елемент има не повече от един непосредствен последовател (фиг. 3.).



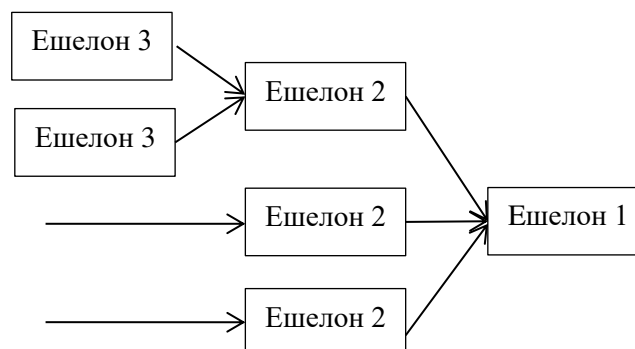
Фигура 3. Концентрационна структура на верига за доставки
Източник: (Axsater, 2006, pp. 188 – 195)

- Комбинирана структура на верига за доставки – в системата няма ограничения по повод на предшестващите и последващите ешелони (фиг. 4.).



Фигура 4. Комбинирана структура на верига за доставки
Източник: (Axsater, 2006, pp. 188 – 195)

- Асемблирана система на верига за доставки – при производството на определени продукти, някои от дейностите, свързани с тях, се извършват паралелно (фиг. 5.). Може да се каже, че линейната структура е специален случай на асемблираната система.



Фигура 5. Асемблирана структура на верига за доставки
Източник: (Axsater, 2006, pp. 188 – 195)

Разгледаните дотук структури на системата на верига на доставки са свързани единствено чрез преки прави връзки, без обратни такава. Някои вериги

за доставки, като затворените например, предполагат и обратни връзки на материалния поток. Връзките могат да са и хоризонтални – между няколко едни и същи равнища на системата.

S. K. Goyal и A. Gunasekaran (Goyal & Gunasekaran, 1990, pp. 1-20) класифицират литературните източници, имащи за обект на изследване проблемите в мултиешелонните производствени системи, в следните категории:

- конфигуриране на системите – според този критерий системите се подразделят на мултиешелонни с една машина на всяко равнище и производство на един продукт; многомащинни мултиешелонни системи на всяко ниво и производство на един продукт и многомащинни мултиешелонни системи на всяко ниво и производство на много продукти;
- обсъждане на целите – детерминиране на икономическия размер на произведеното количество; определяне на старта и края на агрегирания производствен план; ефективност на производствената система; минимизиране на времето за придвижване на продуктите и увеличаване на равнището на производството; детерминиране на оптималните нива на запасите;
- техники, използвани за моделиране и получаване на решение – конвенционални модели, базирани на средните разходи; линейно програмиране; тория на опашките; динамично програмиране; евристични методи и симулационни модели.

P. Vrat (Vrat, 2014, pp. 199 – 200) категоризира различните параметри на моделите за управление на запасите в мултиешелонна ситема на верига за доставки по следния начин:

- Неконтролируеми параметри – характеристики на търсенето (детерминирано или детерминирано, вариращо във времето, вероятно – стационарно и нестационарно); източник на доставка – един или множество източници; характеристики на продукта – един или множество продукти; характеристики на попълването със запаси – мигновено попълване на запаса, време за доставяне на поръчката, цикъл на изпълнение на поръчката; характеристики на разходите – разходи за съхранение – линейни, вдлъбнати, изпъкнали; разходи (загуби) от липса на продукта – линейни, вдлъбнати, изпъкнали, безкрайни; разходи за изпълнение на поръчката – нулеви, константни, вариращи във времето; транспортни разходи – константни, според големината на партидата;
- Структурни параметри – мултиешелонна структура – серийна, паралелна, комбинирана, еднешелонна с множество инсталации; вид на контрола – централизиран или децентрализиран; структура на политиката за управление на запасите – с разместване или без между ешелоните, връщане на излишния запас в по-горния ешелон, с дефицит (загуби от продажби) или с неизпълнени поръчки, проверка на запасите – периодична непрекъсната, период на планиране – еднопериодни или многопериодни; доставка на стоките – единична или координирана; тип на стратегията за управление на запасите – точка на поръчка, с минимално и максимално количество и др.;
- Контролирани параметри (параметри за вземане на решение) – на стратегическо ниво – брой и дейности на ешелоните; оптимално разпределение на инсталациите; начин на транспортиране; тактическо ниво – създаване на оптимални правила за доставяне на стоките от ешелона на по-горно ниво; правила за разпределение на запасите, правила за посрещане на повишено търсене;

- Оценка на ефективността на системата – равнище на общите разходи; равнище на обслужване на клиентите; среден размер на инвестициите в запаси; среден размер на дефицита в системата и др.

J. Clark и A. Scarf (Clark & Scarf, 1960, pp. 475–490) разработват първия модел за оптимално управление на запасите в мултиешелонна линейна система. При оптимизирането на запаса, те въвеждат две нови понятия: „инсталация“ или „инсталационен запас“ и „системен запас“ (запас в цялата система). Под „инсталационен запас“ те разбират размера на запаса при един от участниците в системата (обикновено първия), докато „системният запас“ е запасът, намиращ се в система, разглеждана като едно цяло. J. Clark и A. Scarf моделират двуешелонна система, при която доказват наличието връзка между запасите в ешелоните, изразена чрез цяло число n . След това оптимизират разходите за запаси, така че чрез n да получат оптималното количество в по-горния ешелон. По-нататък този метод на изчисляване на оптималното количество в многоешелонна система носи техните имена.

A. Svoronos и P. Zikin (Svoronos & Zikin, 1988, pp. 57 – 72) моделират двуешелонна дистрибуционна система чрез декомпозиция на отделни участници. Тяхната основна цел е да оценят ефективността на системата, като акцентират върху средното равнище на неизпълнените поръчки в дългосрочен аспект при първия ешелон и средното ниво на запаса и в двата ешелона. За да постигнат това те използват функция за минимизиране на разходите, като сравняват резултатите от стратегия (R, Q) – точка на поръчка, фиксирано количество на поръчката с непрекъснат контрол на запасите.

R. Prasoon, M. Agarwal и A. Kumar (Prasoon, Agarwal, & Kumar, 2017, pp. 37 – 48) тестват централизирана и децентрализирана политика в двуешелонен модел на верига за доставки с вероятно търсене и разрыв при доставките чрез дискретна симулация. Те доказват, че разходите за съхранение и разходите за неизпълнени поръчки, при централизирана система на управление на запасите, спомагат за намаление на разрыва при доставките. A. Jain, H. Mamani, K. Moinzadeh (Jain, Mamani, & Moinzadeh, 2017, pp. 542–556) разработват и симулират двуешелонен разклонен (дистрибуционен) модел при детерминирано търсене, като отново тестват прилагането на централизирана и децентрализирана политика при управление на запасите във веригата за доставки. Те показват, че когато търговците на дребно имат подобни параметри на разходите, то разходите във веригата за доставки намаляват като цяло.

C. E. Smith, S. M. Gilbert и A. N. Burnetas (Smith, Gilbert, & Burnetas, 2002, pp. 97 – 115) разглеждат подобен двуешелонен проблем, като техните усилия са насочени към моделиране на политика на бързо реагиране при контролиране на поръчките или цените на търговеца на едро, или поръчките са под контрола на производителя – производителят е водещият във веригата. Основната цел на моделираните явления е да се оптимизира печалбата в двуешелонната права верига. Основните изводи са свързани с това, че не винаги увеличаването на печалбата на лидера в канала води до увеличаване на печалбата на цялата верига.

M. Vijayashree и R. Uthayakumar (Vijayashree & Uthayakumar, 2015, pp. 617–639) симулират двуешелонен сериен модел за управление на запасите от типа дистрибутор – търговец на дребно. Те насочват своите усилия към интегриране на разходите на двамата контрагенти в едно уравнение и подобряване на качеството чрез извършване на инвестиции, като използват за контролирана променлива – времето за доставка. По този начин се подобрява координацията между търговците, а намалените разходи, свързани със запасите, могат да се

пренасочат за подобряване на качеството. Този сериен модел може да се използва при подобни ситуации и в двушелонни дистрибуционни вериги за доставки.

L. Li, K. Sourirajan и K. Katircioglu (Li, Sourirajan, & Katircioglu, 2010, pp. 1846 – 1859) разработват модел на двушелонна дистрибуционна система за управление на запасите със стохастично търсене, вероятно време за постъпване на поръчката, фиксирани разходи за поръчка и гарантирано равнище на извършване на обслужване на клиентите. Те правят 50000 симулации и достигат до извода, че политиката с гарантирано равнище на обслужване води до подобряване на нивото само при търговците на едро, но не и при ритейлърите.

Направеният теоретичен преглед предполага проследяване на пътя на преминаване на запасите в зависимост от структурата на веригата на доставка. След като бъде установен видът на структурата на веригата на доставка следва обособяване на нейните конкретни елементи – брой на ешалоните, цел на изследването, параметри, методика на изследването, данни за изследването и т.н. В конкретния случай са представени особеностите на двушелонна верига на доставки, която е сравнена с работата на търговец на едро и търговец на дребно като отделни фирми.

2. Методология на изследване на управлението на запасите при самостоятелни предприятия и двушелонна линейна верига за доставки

Вследствие на проучената литература е адаптирана методология за провеждане на сравнителен анализ между управлението на запасите в търговията с електротехнически продукти при икономически размер на доставката при две предприятия – търговец на едро и търговец на дребно и при линейна двушелонна интегрирана система между тях. Информационното осигуряване е посредством провеждане на интервю с мениджърите на двете търговски фирми и извличане на информация относно реално извършените доставки, доставните цени и цените на реализация на продукта¹.

Последователността на прилагане на методологията е следната:

- Анализ на динамиката на търсенето (анализиран е динамичен ред на продажбите). Изборът на техника за моделиране се определя от степента на вариация на търсенето през изминалия период. Това може да се изчисли чрез „квадратния коефициент на вариация“ (Silver, Pyke, & Thomas, 2017, p. 219):

$$SKV = \frac{Kv}{\bar{x}^2} 100 = \frac{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2}}{\bar{x}^2} \times 100. \quad (1)$$

Когато $SKV < 0,2$ се използва модел с оптимално (икономическо) количество на доставка EOQ. Когато $SKV \geq 0,2$ се използва евристичен подход (Silver, Pyke, & Thomas, 2017, pp. 199 – 218). След като се установи степента на вариация на търсенето, се преминава към избор на алгоритъм за изчисляване.

- При първия вариант $SKV < 0,2$ се преминава през следните етапи:

1. Установяване на средното количество на търсенето (продажбите):

$$\bar{D} = \frac{D}{n} \quad (2)$$

D – търсенето за една година;

¹ При провеждане на срещите с мениджърите на търговските дружества, бяха поставени условия за конфиденциалност на предоставената информация и запазване в тайна на имената на изследваните предприятия, както и на техните продукти.

n – броят на изследваните периоди.

2. Определяне на оптималното количество за доставка:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2C_0\bar{D}}{C_1P}}, \quad (3)$$

където:

C_0 – разходи за една поръчка;

C_1 – разходи за съхранение;

P – цена на продукта.

3. Определяне на броя на поръчките:

$$OR = \frac{D}{EOQ}. \quad (4)$$

4. Определяне на цикъла на поръчка (интервала между две поръчки):

$$T = \frac{EOQ}{D}. \quad (5)$$

5. Декомпозиране на разходите за една година по елементи:

$$\text{Разходите за доставка са равни на: } \frac{D}{EOQ} C_0, \quad (6)$$

$$\text{Разходите за съхранение: } \frac{EOQ}{2} C_1 P. \quad (7)$$

Получените общи разходи се сумират, за да представят общите разходи на веригата без интегриране. Те служат за сравнение с разходите, получени при реалните, оптимизираните и интегрираните във верига за доставки. По-нататък е представен интегриран двушелонен модел за един продукт при детерминиран обем на търсенето, без допускане на дефицит и мигновено извършване на доставките.

Вторият подход за определяне на оптималното количество е евристичният. При него се използват няколко различни процедури за определяне на разходите и количеството за доставка. Една от най-често използваните процедури е на Silver–Meal, като тя е насочена към едновременно оптимизиране на разходите за единица и разходите за определен период. Най-общо, процедурата включва (Baciarello, D'Avino, Onori, & Schiraldi, 2013, pp. 1 – 10):

1) поръчка се извършва при следните условия:

$$\frac{s+h \sum_{k=i}^{j+1} (k-i)d_k}{j+1} \geq \frac{s+h \sum_{k=i}^{j+1} (k-i)d_k}{j}, \quad (8)$$

като трябва да са спазени следните условия:

$$F = \sum_{k=i}^{j+1} (i-k)d_k + j(j-i+1)d_{j+1} \leq \frac{S}{h}, \quad (9)$$

където:

d_k е потребност за период k ;

S – разходи за една поръчка;

h – разходи за съхранение;

i – последен период;

j – първи период;

k – период.

След като се извърши една от горепосочените процедури за търговеца на едро и за търговеца на дребно с реалните данни, същото действие се извършва и с прогнозните данни. Получените общи разходи се сумират, за да представят общите разходи на веригата, без интегриране. Те служат за сравнение с разходите, получени при реалните и прогнозните данни при интегрирана верига за доставки.

Определянето на оптималния обем на поръчката при интегрирани във верига за доставки фирми също има своя последователност. При детерминирано търсене на един продукт при двуешелонен прав модел на верига за доставки включените променливи са следните (Shenoy & Rosas, 2018, pp. 269 – 271):

- D – величина на детерминираното търсене;
- C_{ow} – разходи за една поръчка, извършени от търговеца на едро;
- C_{or} – разходи за една поръчка, извършени от търговеца на дребно;
- C_w – цена на стоките при търговеца на едро;
- C_r – цена на стоките при търговеца на дребно;
- Q_w – количество поръчано от търговеца на едро;
- Q_r – количество поръчано от търговеца на дребно;
- i – относителна величина на разходите за съхранение за единица.

A. Clark и H. Scarf (Clark & Scarf, 1960, pp. 475–490) доказват, че при разглеждането на няколко нива на преминаване на запаса, величината на запаса на всяко равнище е равно на запаса, поддържан на това равнище плюс запаса, поддържан във всички ешелони преди него. В двуешелонната система се приема, че $C_w^C = C_w$. По подобен начин се изчисляват и разходите за поръчки и съхранение на търговеца на дребно, но се има предвид само добавената стойност от търговеца на дребно (Shenoy & Rosas, 2018, p. 270):

$$C_r^C = C_r - C_w. \quad (10)$$

Поръчаното количество при търговеца на едро е цяло число n , с което може да се умножи поръчаното количество при търговеца на дребно:

$$Q_w = n \times Q_r. \quad (11)$$

Оптималното количество, което трябва да се поръча от търговеца на дребно е равно на:

$$Q_r = \sqrt{\frac{2(C_{or} + \frac{C_{ow}}{n})D}{i(nC_w^C + C_r^C)}}. \quad (12)$$

Полученото уравнение за общите разходи е:

$$TIC = \sqrt{2 \left(C_{or} + \frac{C_{ow}}{n} \right) i (nC_w^C + C_r^C) D}. \quad (13)$$

Оттук целта е да се намери такова цяло число n , при което сумата на общите разходи в ешелоните да е минимална. След диференциране на уравнението по n се получава:

$$n = \sqrt{\frac{C_{ow}C_r^C}{C_{or}C_w^C}}. \quad (14)$$

Ако отбележим полученото за n с n^* , защото предварително не е ясно доколко n е цяло число, то съществуват следните възможности:

$$n = n^*, 1 \geq n^* \Rightarrow n = 1.$$

След това се преминава към изчисляване на следната функция за потвърждаване на получените резултати за n :

$$f(n) = \left(C_{or} + \frac{C_{ow}}{n} \right) (nC_w^C + C_r^C). \quad (15)$$

Тази процедура се извършва, понеже трябва да се закръгли числото към 1 или 2 или по-голямо число. След това при избор на функция на n се използва следната последователност:

- ако $f(n_1) \leq f(n_2)$, се приема $n = n_1$;
- ако $f(n_1) > f(n_2)$, то се приема $n = n_2$.

Последователността на изчисляване на оптималното количество в двуешелонна верига е следната (Silver, Pyke, & Thomas, 2017, p. 494):

- 1) определяне на n ;
- 2) определяне на $n_1 = 1$ и $n_2 = 2$;
- 3) изчисляване на функциите по $n_1 = 1$ и $n_2 = 2$;
- 4) определяне на оптималното количество при търговеца на дребно;
- 5) определяне на оптималното количество при търговеца на едро.

Разработената методологическа рамка е апробирана в областта на търговията с електротехнически продукт на равнище търговец на едро и търговец на дребно. Очертаната последователност на работа е илюстрирана чрез проучването на две конкретни фирми, като е разгледан случай на затихващо търсене и намаляващи доставки.

3. Емпирични резултати от управлението на запасите в линейна верига за доставки на електротехнически продукт със слаб интензитет на търсене и намаляващи доставки

Следвайки разработената методология, първоначално е изчислен „квадратният коефициент на вариация“, който показва степента на динамика на продажбите (търсенето) при търговец на едро и при търговец на дребно.

Таблица 1. Стойности на „квадратния коефициент на вариация“ при търговец на дребно и търговец на едро

	„Квадратен коефициент на вариация“
Търговец на дребно	0,257152
Търговец на едро	0,003685

Източник: Собствени изчисления

Както е показано в табл. 1, стойността на коефициента е много ниска при търговеца на едро и е под бариерата от 0,2. В този случай се преминава към следващите изчисления посредством използването на модел с оптимално (икономическо) количество на доставка EOQ. При търговеца на дребно коефициентът е по-висок от 0,2 и поради тази причина се използва алгоритъмът на Silver-Meal (табл. 2).

Таблица 2 Изчисляване на оптималния брой на доставките посредством алгоритъма на Silver-Meal в съответствие с търсенето

Подпериод	Търсене (бр.)	Количество (бр.)	Брой седмични като запас	Разходи за съхранение (лв.)	Разходи за 1 поръчка (лв.)	Общо разходи (лв.)	Средни разходи за периода (лв.)	Доставки
1	53	53	0	0,025	40	40	40	
2	74	127	1	8,621	40	48,621	24,3105	
3	40	167	2	17,941	40	57,941	19,31366667	1
4	69		3	42,0565	40	82,0565	20,514125	
4	69	69	0	0	40	40	40	
5	27	96	1	3,1455	40	43,1455	21,57275	
6	28	124	2	9,6695	40	49,6695	16,5565	
7	20	144	3	16,6595	40	56,6595	14,164875	
8	7	151	4	19,9215	40	59,9215	11,9843	2

9	32		5	38,5615	40	78,5615	13,09358333	
9	32	32	0	0	40	40	40	
10	21	53	1	2,4465	40	42,4465	21,22325	
11	30	83	2	9,4365	40	49,4365	16,47883333	
12	17	100	3	15,378	40	55,378	13,8445	3
13	36		4	32,154	40	72,154	14,4308	
13	36	36	0	0	40	40	40	
14	29	65	1	3,3785	40	43,3785	21,68925	
15	45	110	2	13,8635	40	53,8635	17,9545	
16	27	137	3	23,3	40	63,3	15,825	
17	24	161	4	34,484	40	74,484	14,8968	4
18	26	187	5	49,629	40	89,629	14,93816667	
18	26	26	0	0	40	40	40	
19	27	53	1	3,1455	40	43,1455	21,57275	
20	54	107	2	15,7275	40	55,7275	18,57583333	
21	46	153	3	31,8045	40	71,8045	17,951125	5
22	45	198	4	52,7745	40	92,7745	18,5549	
22	45	45	0	0	40	40	40	
23	43	88	1	5,0095	40	45,0095	22,50475	
24	68	156	2	20,8535	40	60,8535	20,2845	6
25	122	278	3	63,4925	40	103,4925	25,873125	
25	122	122	0	0	40	40	40	
26	11	133	1	1,2815	40	41,2815	20,64075	
27	26	159	2	7,3395	40	47,3395	15,77983333	
28	32	191	3	18,5235	40	58,5235	14,630875	7
29	41	232	4	37,6295	40	77,6295	15,5259	
29	41	41	0	0	40	40	40	
30	17	58	1	1,9805	40	41,9805	20,99025	
31	41	99	2	11,5335	40	51,5335	17,17783333	
32	39	138	3	25,164	40	65,164	16,291	
33	18	156	4	33,552	40	73,552	14,7104	
34	15	171	5	42,2895	40	82,2895	13,71491667	8
35	43	214	6	72,3465	40	112,3465	16,0495	
35	43	43	0	0	40	40	40	
36	29	72	1	3,3785	40	43,3785	21,68925	
37	26	98	2	9,4365	40	49,4365	16,47883333	
38	46	144	3	25,5135	40	65,5135	16,378375	
39	23	167	4	36,2315	40	76,2315	15,2463	9
40	45	212	5	62,444	40	102,444	17,074	
40	45	45	0	0	40	40	40	
41	25	70	1	2,9125	40	42,9125	21,45625	
42	55	125	2	15,7275	40	55,7275	18,57583333	
43	28	153	3	25,5135	40	65,5135	16,378375	
44	32	185	4	40,4255	40	80,4255	16,0851	10
45	65	250	5	78,288	40	118,288	19,71466667	

45	65	65	0	0	40	40	40	
46	42	107	1	4,893	40	44,893	22,4465	
47	52	159	2	17,009	40	57,009	19,003	11

Източник: Собствени изчисления

При намалени доставки, коефициент не се изчислява, защото методологията се прилага чрез изчисленото общо количество на доставения запас, което е по-ниско от обема на търсенето за изследвания период от 47 седмици. Също така, резултатите от прилагането на изчислителната процедура на Silver-Meal при намалени доставки не е илюстрирана, а са показани само резултатите от нея (табл. 3.).

В табл. 3 са поместени резултатите от приложената процедура на Silver-Meal и изчисляването на оптималното количество спрямо търсенето, както и това спрямо общия обем на доставеното количество, което в случая е по-малко от търсенето. Както се вижда, средното количество при отчитане на търсенето и в двата случая е еднакво и може да се закръгли до 37 броя. Средното количество при намалени доставки е сравнително еднакво и може да се закръгли на 29 бр. на седмица. Оптималното количество при прилагане на алгоритъм на Silver-Meal е различно, с оглед на голямата вариация на търсенето (вж. табл. 2) и поради тази причина не е посочено в табл. 3. Броят на поръчките също е близък – 10 и 11, а при намалени доставки, при търговеца на дребно е 9.

Интервалите между доставките са 5 седмици при реално търсене. При използване на процедурата на Silver-Meal не може еднозначно да се посочи постоянен интервал между доставките, защото този алгоритъм се използва при силно вариращо търсене, т.е. и доставките силно варират както като количество, така и като интервал между две доставки. Както се вижда чрез методиката на Silver-Meal се получава намаление на общите разходи с около 100 и 150 лв., което се дължи предимно на ниските разходи за съхранение.

Средното количество на търсенето при търговеца на едро е еднакво – 313 бр. Броят на доставките е двойно по-голям при използването на оптимизационен модел. Реално доставяното количество е почти два пъти по-голямо от оптималното. Средният интервал между две доставки е 4 седмици при извършването на реални такива, а при оптималните доставки продължителността на интервала е два пъти по-малка – 2 седмици. Общите разходи при оптимална доставка на равнище търговец на дребно са по-ниски от общите разходи при реално извършени доставки. До същото заключение може да се достигне и при търговеца на едро.

Таблица 3. Оптимална доставка при търговец на дребно (ТД) и търговец на едро (ТЕ)

Оптимизиране Показатели	Реални стойности при ТД	Оптимална доставка при ТД	Реални стойности при ТЕ	Оптимална доставка при ТЕ
Установяване на средното количество на търсенето (продажбите):	37,47 бр. ≈ 37 бр.	37,47 бр. ≈ 37 бр.	313,19	313,19 ≈ 313 бр.
Средно количество при намалени доставки	29,78723 ≈ 30 бр.	29,78723 ≈ 30 бр.		

Определяне на оптималното количество за доставка	≈140		1272,72≈1273	669,8895 ≈ 670 бр.
Определяне броя на поръчките	10	.	11	21,97 ≈ 22
Определяне броя на поръчките по процедурата на Silver-Meal		11 9		
Определяне цикъла (интервала) на поръчка	5 седмици		4 седмици	2,14 ≈ 2 седмици
Разходи за доставка	10 x 40 = 400 лв.	.	11 x 60 = 660 лв.	22 x 60 = 1320 лв.
Разходи за доставка по процедурата на Silver-Meal		11 x 40 = 440 лв. Намалена доставка 9 x 40 = 360 лв.		
Разходи за съхранение	8,15. (383,05 лв.)		53,31 лв. (2505,42 лв.)	28,06 лв. (1318,64 лв.)
Разходи за съхранение по процедурата на Silver-Meal		294,8615 лв. Намарена доставка 237,427 лв.		
Общи разходи	783,05	736,86 Намалена доставка 597,43	3165,42	2638,64

Източник: Собствени изчисления

В таблица 4 са показани резултатите при двуешелонна верига за доставки и сравнителния анализ между тях; модел за оптимизиране на доставката при доставка съобразена с търсенето, т.е. немалена. Коефициентът n е равен на 0,71, което е по-малко от 1, следователно оптималното количество при търговеца на едро и при търговеца на дребно е еднакво – 375 бр., което е потвърдено и от функцията по n .

Таблица 4. Резултати при оптимизация на двуешелонна линейна верига за доставки и сравнителен анализ с модела за оптимизиране на доставката (EOQ и Silver-Meal) при реална и намалена доставка

	Реални данни два ешелона	Реални данни два ешелона при намалени доставки на ТД	Оптимизирани доставки при ТД и ТЕ	Оптимизирани при намалени доставки на ТД
Цена при търговеца на едро (лв.)	3,35	3,35	3,35	3,35
Цена при търговеца на дребно (лв.)	4,66	4,66	4,66	4,66
Добавена стойност от търговеца на дребно	1,31	1,31	1,31	1,31

Изчисляване на n	0,7107			
Изчисляване на $f(n_1)$	1281,5			
Изчисляване на $f(n_2)$	1581,975			
Оптимално количество при търговеца на дребно	375,339	334,66	Вариращо, но не достигащо 200 бр.	Вариращо, но не достигащо 200 бр.
Оптимално количество при търговеца на едро	375,33	334,66	670 бр.	670 бр.
Общи разходи при двухшелонна система	335,91	299,50	3375,5	3236,07

Източник: Собствени изчисления

Изчисленото оптимално количество във верига за доставки е по-голямо от полученото, чрез процедурата на Silver-Meal. Общите разходи при двухшелонна система са около 10 пъти по-ниски, отколкото при оптимизирането им с EOQ и Silver-Meal. При намалена доставка, размерът на разходите при оптимизация на веригата за доставки отново е около 10 пъти по-нисък.

Заклучение

Направеният теоретичен преглед на моделите за оптимизиране на управлението на запасите във веригите за доставки и резултатите от приложената методика спомагат да се изведат следните по-важни изводи:

- Съществуват множество модели и класификации за управлението на запасите на ниво предприятие, като едва в последните години се правят опити да се класифицират и използват мултишелонни модели. Тази тенденция е следствие от набраната инерция и възможност за работа на предприятията във верига за доставки.

- Основна слабост на мултишелонните модели е тяхната ограничена приложимост на практика в емпирично изследване, поради високата им сложност и работа при много допускания. Този факт предопределя тяхното прилагане само в експериментална среда чрез симулации.

- Техниките за оценка на управлението на запасите във веригата за доставки са базирани предимно на средни показатели за запасите и обслужването на клиентите или на показатели, отразяващи камшичния ефект. В икономическата литература не са широко застъпени възможностите за оценка на ефектите при емпирични изследвания и сравнителен анализ на неинтегрирани предприятия и интегрирани във верига за доставки.

- На последния етап от изследването са оптимизирани запасите в двухшелонна верига за доставка, като впоследствие е направен сравнителен анализ на база общи разходи и обем на поръчката. В резултат на това е установено, че оптимизирането във веригата за доставки невинаги води до намаление и постигане на най-ниското равнище на запаса, а цели предимно намаление на разходите.

- Направените изчисления показват, че размерът на общите разходи при оптимизиране във верига за доставки, е до 10 пъти по-малък от разходите, получени чрез икономическия обем на доставката.

Към мениджърите на предприятията могат да се отправят следните предложения:

- да се възползват от дългосрочните си взаимоотношения, като направят първи стъпки за работа в интегрирана система за доставки;
- да се опитат да синхронизират доставките при търговеца на едро и при търговеца на дребно;
- да преминат към система на управление на запасите от доставчика, с цел минимизиране на запасите и площите за съхранение.

Използвани източници

1. Бадюкин, О. В., Лукинский, В. В., Малевич, Ю. В., Степанова, А. С., & Шульженко, Т. Г. (2010). *Управление запасами в цепях поставок*. Санкт-Петербург: СПбГИЭУ.
2. Axsater, S. (2006). *Inventory control* (Second Edition ed.). New York: Springer.
3. Baciarello, L., D'Avino, M., Onori, R., & Schiraldi, M. (2013). Lot Sizing Heuristics Performance. *International Journal of Engineering Business Management*, 6, 1 – 10.
4. Clark, A. J., & Scarf, H. (1960). Optimal policies for a multiechelon inventory problem. *Management Science*, 6(4), 475–490.
5. Goyal, S. K., & Gunasekaran, A. (1990). Multi-stage production-inventory systems. *European Journal of Operational Research*, 46, 1-20.
6. Jain, A., Mamani, H., & Moinzadeh, K. (2017). Impact of Retailers with Knowledge of Supplier's Inventory on Supply Chain Performance. *Production and Operations Management*, 26(3), 542–556.
7. Li, L., Sourirajan, K., & Katircioglu, K. (2010). Empirical methods for two-echelon inventory management with service level constraints based on simulation-regression. *Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference*, (стр. 1846 – 1859).
8. Prasoon, R., Agarwal, M., & Kumar, A. (2017). Replenishment Policy in a Two-Echelon Supply Chain: An Analysis Using Discrete-Event Simulation. *International Journal of Business Analytics and Intelligence*, 5(2), 37 – 48.
9. Shenoy, D., & Rosas, R. (2018). *Problems & Solutions in Inventory Management*. Springer.
10. Silver, E. A., Pyke, D. F., & Thomas, D. J. (2017). *Inventory and Production Management in Supply Chain* (Fourth Edition ed.). CRC Press Taylor & Francis Group.
11. Smith, C. E., Gilbert, S. M., & Burnetas, A. N. (2002). Partial quick response policies in a supply chain. От J. Geunes, P. M. Pardalos, & H. Edwin Romeijn, *Supply Chain Management: Models, Applications, and Research Directions* (стр. 97 – 115). Kluwer Academic Publishers.
12. Svoronos, A., & Zikin, P. (1988). Estimating the performance of multilevel inventory system,. *Operations research*, vol. 36(issue 1), 57 – 72.
13. Vijayashree, M., & Uthayakumar, R. (2015). Integrated inventory model with controllable lead time involving investment for quality improvement in supply chain system. *Journal of Supply and Operations Management*, 2(1), 617-639.
14. Vrat, P. (2014). *Materials Management: An Integrated Systems Approach*. India: Springer India.

