

Математичні методи та моделі в економіці

УДК 658.7

Товстенко Ігор Ігоревич

аспірант кафедри вищої математики

Київського національного економічного університету

імені Вадима Гетьмана

Товстенко Игорь Игоревич

аспирант кафедры высшей математики,

Киевского национального экономического университета

имени Вадима Гетьмана

Tovstenko Igor

Graduate Student of the Advanced Mathematics Department

Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman

**ЗНАХОДЖЕННЯ ОБ'ЄМУ ПОСТАЧАННЯ СИРОВИНИ ДЛЯ
ПІДПРИЄМСТВА ПРИ ЗАДАНІЙ ЙМОВІРНОСТІ ДЕФІЦИТУ
СИРОВИНИ**

**НАХОЖДЕНИЕ ОБЪЕМА ПОСТАВОК СЫРЬЯ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЯ
ПРИ ЗАДАННОЙ ВЕРОЯТНОСТИ ДЕФИЦИТА СЫРЬЯ
FINDING THE VOLUME OF SUPPLY OF RAW MATERIALS FOR THE
ENTERPRISE WITH THE SET PROBABILITY OF RAW MATERIAL
DEFICIT**

Анотація. У статті розглядається ключове питання при оптимізації діяльності підприємства, що є побудовою його виробничої програми з урахуванням найбільш раціонального використання ресурсів підприємства. Це викликає ряд істотних змін у сфері матеріально-технічного забезпечення виробництва для успішного розвитку підприємства, що в значній мірі за лежатиме не тільки від маркетингової стратегії, але і від закупівель необхідної йому продукції. Показано, що виникла необхідність

реалізації нових підходів до організації та управління процесів матеріального забезпечення виробництва за умови, що своєчасне забезпечення виробництва матеріальними ресурсами залежить від величини і комплектності виробничих запасів на складах підприємства, причому створення таких запасів дозволяє забезпечувати відпуск матеріалів в цехи і на робочі місця у відповідності до вимог технологічного процесу.

Показано, що при управлінні виробничими чи товарними запасами виникає два основних питання: коли поповнювати запас і яким повинен бути його оптимальний розмір з огляду на те, що запаси потребують певних витрат на їх зберігання, поки вони не будуть реалізовані. При цьому втрати компанії зростають в першу чергу за рахунок того, що частина оборотного капіталу інвестується в запаси. Доведено, що в кожному конкретному випадку важливо побудувати математичну модель, що описує досліджувану систему, та на її основі знайти оптимальне співвідношення між витратами та вигодами від обраного рівня запасів і визначити, які розміри запасів по кожній із груп товарів чи сировини є достатніми.

Представлено методи, використовувані для забезпечення необхідних умов ефективного управління матеріальними потоками: детерміновані методи розрахунку (застосовуються при розрахунку вторинної потреби у матеріалах за відомою первинною); аналітичні методи (розрахунок йде від специфікації виробу); синтетичні методи (передбачає проведення розрахунків для кожної групи деталей виходячи зі ступеня їхньої застосовності на окремих сходинках ієрархії); стохастичні методи розрахунку (дозволяють встановити очікувану потребу на основі числових даних, які характеризують її зміни протягом певного проміжку часу); апроксимаційні методи, метод експоненціального згладжування і регресійний аналіз.

Розглянуто задачу, коли витрати сировини на основному виробництві є випадковою величиною з деякою інтенсивністю за умови, що для покриття витрат систематично постачається сировина. Припускається, що величина оптимального значення, що обумовлює відсутність дефіциту та остачі сировини, причому загальний об'єм витрат сировини дорівнює об'єму її постачання, - має Гамма-розподіл із параметрами об'єму постачання сировини в умовних одиницях вартості та інтенсивності витрат сировини за годину в умовних одиницях вартості. Розглядається потік подій зі сталою інтенсивністю витрат сировини в умовних одиницях вартості за годину, при цьому випадковою величиною є час, необхідний для настання заданого числа подій(об'єму постачання сировини).

Знайдено проміжок часу за умови конкретного об'єму постачання та заданій інтенсивності, коли дефіциту сировини на виробництві не буде.

Ключові слова: управління запасами, матеріальне виробництво, витрати сировини, Гамма-розподіл, випадкова величина, потік подій, дефіцит сировини.

Аннотація. В статье рассматривается ключевой вопрос при оптимизации деятельности предприятия, является построением его производственной программы с учетом наиболее рационального использования ресурсов предприятия. Это вызывает ряд существенных изменений в сфере материально-технического обеспечения производства для успешного развития предприятия, в значительной степени будет зависеть не только от маркетинговой стратегии, но и от закупок необходимой ему продукции. Показано, что возникла необходимость реализации новых подходов к организации и управлению процессов материального обеспечения производства при условии, что своевременное обеспечение производства материальными ресурсами зависит от величины и комплектности производственных запасов на складах предприятия, причем создание таких запасов позволяет обеспечивать отпуск

материалов в цехи и на рабочие места в соответствии с требованиями технологического процесса.

Показано, что при управлении производственными или товарными запасами возникает два основных вопроса: когда пополнять запас и каким должен быть его оптимальный размер, учитывая, что запасы требуют определенных затрат на их хранение, пока они не будут реализованы. При этом потери компании растут в первую очередь за счет того, что часть оборотного капитала инвестируется в запасы. Доказано, что в каждом конкретном случае важно построить математическую модель, описывающую исследуемую систему, и на ее основе найти оптимальное соотношение между затратами и выгодами от выбранного уровня запасов и определить, какие размеры запасов по каждой из групп товаров или сырья достаточны.

Представлены методы, используемые для обеспечения необходимых условий эффективного управления материальными потоками: детерминированные методы расчета (применяются при расчете вторичной потребности в материалах по известной первичной) аналитические методы (расчет идет от спецификации изделия); синтетические методы (предусматривает проведение расчетов для каждой группы деталей исходя из степени их применимости на отдельных ступенях иерархии) стохастические методы расчета (позволяют установить ожидаемую потребность на основе числовых данных, характеризующих ее изменения в течение определенного времени); аппроксимационные методы, метод экспоненциального сглаживания и регрессионный анализ.

Рассмотрена задача, когда расходы сырья на основном производстве является случайной величиной с некоторой интенсивностью при условии, что для покрытия расходов систематически поставляется сырье. Предполагается, что величина оптимального значения, что обуславливает

отсутствие дефицита и остатка сырья, причем общий объем расходов сырья равен объему ее поставки, - имеет Гамма-распределение с параметрами объема поставки сырья в условных единицах стоимости и интенсивности расхода сырья по час в условных единицах стоимости. Рассматривается поток событий с постоянной интенсивностью расхода сырья в условных единицах стоимости в час, при этом случайной величиной является время, необходимое для наступления заданного числа событий (объема поставки сырья).

Найдено промежуток времени при условии конкретного объема поставки и заданной интенсивности, когда дефицита сырья на производстве не будет.

Ключевые слова: *управление запасами, материальное производство, расходы сырья, Гамма-распределение, случайная величина, поток событий, дефицит сырья.*

Summary. *The article considers the key issue in optimizing the activities of the enterprise, which is the construction of its production program taking into account the most rational use of enterprise resources. This causes a number of significant changes in the field of logistics of production for the successful development of the enterprise, which will largely depend not only on the marketing strategy, but also on the purchase of products it needs. It is shown that there is a need to implement new approaches to the organization and management of processes of material support of production, provided that the timely provision of production with material resources depends on the size and completeness of production stocks in warehouses, and the creation of such stocks allows the release of materials in accordance with the requirements of the technological process.*

It is shown that when managing production or inventories there are two main questions: when to replenish the stock and what should be its optimal size, given that stocks require certain costs for their storage until they are sold. At the

same time, the company's losses increase primarily due to the fact that part of working capital is invested in inventories. It is proved that in each case it is important to build a mathematical model describing the studied system, and on its basis to find the optimal ratio between costs and benefits of the selected level of stocks and determine what stocks for each group of goods or raw materials are sufficient.

The methods used to ensure the necessary conditions for effective management of material flows are presented: deterministic calculation methods (used in the calculation of secondary demand for materials according to the known primary); analytical methods (calculation is based on the product specification); synthetic methods (provides for calculations for each group of parts based on the degree of their applicability at individual levels of the hierarchy); stochastic calculation methods (allow to establish the expected need on the basis of numerical data that characterize its changes over a period of time); approximation methods, exponential smoothing method and regression analysis.

The problem is considered when the consumption of raw materials in the main production is a random variable with some intensity, provided that raw materials are systematically supplied to cover costs. It is assumed that the value of the optimal value, which determines the absence of shortage and balance of raw materials, and the total consumption of raw materials is equal to the volume of its supply - has a gamma distribution with parameters of the supply of raw materials in conventional units of cost and intensity of raw materials. hour in conventional units of value. The flow of events with a constant intensity of raw material costs in conventional units of cost per hour is considered, and the random variable is the time required for the occurrence of a given number of events (volume of raw material supply).

A period of time has been found, given a specific volume of supply and a given intensity, when there will be no shortage of raw materials in production.

Key words: *inventory management, material production, raw material costs, gamma distribution, random variable, flow of events, raw material shortage.*

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. У ринковій економіці підприємство самостійно визначає раціональні варіанти всіх складових виробничо-фінансової діяльності на основі балансу інтересів виробників і споживачів виробленої продукції [1]. Перехід до ринкової економіки визначає роль і зростаюче значення закупівельної логістики в суспільному виробництві, що викликає ряд істотних змін у сфері матеріально-технічного забезпечення виробництва [1]:

- тиск швидко зростаючого асортименту продукції;
- скорочення часу впровадження у виробництво нової продукції, що прискорює розширення асортименту;
- скорочення тривалості виробничого циклу;
- загострення конкуренції між виробниками на тлі насичення ринку потрібними товарами.

Основним завданням в умовах ринку являється підвищення ефективності функціонування підприємства шляхом оптимізації використання його ресурсів, побудови перспективної виробничої програми. Виробнича програма формується виходячи з ресурсів, що є у підприємств (матеріально-сировинних, виробничих, фінансових). Використання моделей дозволяє вирішувати питання формування оптимальної виробничої програми підприємства, інвестування у виробництво, а також допомагає здійснювати стратегічне планування розвитку підприємства. Успішний розвиток підприємства в значній мірі залежатиме не тільки від маркетингової стратегії, але і від закупівель необхідної йому продукції.

Всі ці зміни призвели до того, що різні види діяльності підприємства - виробництво, економіка, фінансова діяльність стали все більше залежати від стану матеріально-технічного постачання [2]. З'ясувалося, що в системі постачання є великі зони неефективності, раціоналізація яких може дати велику економію. Виникла необхідність реалізації нових підходів до організації та управління процесів матеріального забезпечення виробництва [3]. Своєчасне забезпечення виробництва матеріальними ресурсами залежить від величини і комплектності виробничих запасів на складах підприємства. Виробничі запаси - це засоби виробництва, що надійшли на склади підприємства, але ще не залучені у виробничий процес. Створення таких запасів дозволяє забезпечувати відпуск матеріалів в цехи і на робочі місця у відповідності до вимог технологічного процесу. Слід зазначити, що на створення запасів відволікається значна кількість матеріальних ресурсів. Зменшення запасів скорочує витрати по їх утриманню, знижує витрати, прискорює оборотність оборотних коштів, що, в кінцевому рахунку, підвищує прибуток і рентабельність виробництва. Тому дуже важливо оптимізувати величину запасів. Резерв на випадок перебоїв у постачанні та збільшення випуску продукції характеризується відносно постійною величиною і відновлюється після отримання чергової партії матеріалів. Норматив страхового запасу матеріалів визначається по інтервалу відставання поставок або за фактичними даними про надходження матеріалів. Розрахунок оптимального розміру такого резерву являється актуальною проблемою. Підприємство повинно прагнути до мінімізації обсягів запасів, разом з тим запас сировини на складі повинен бути оптимальним. Точка економічно виправданого замовлення знаходиться в точці рівності витрат на закупівлю і зберігання. Для дорогих деталей витрати на закупівлю незначні, і основний тягар лягає на витрати по зберіганню. Витрати можуть бути мінімізовані, якщо деталі малої вартості замовляти великими партіями через тривалі інтервали часу, а дорогі

замовляти частіше, але дрібними партіями. Якщо терміни розміщення замовлення задовольняють підприємство, найменша кількість деталей замовляється у встановлений момент подачі заявки. Підтримання запасів на мінімально можливому рівні є засобом збільшення прибутку підприємства. Тому головне завдання - знайти оптимальний рівень для кожної товарної позиції, тобто найбільш низький рівень запасів, що відповідає вимогам виробництва. Оптимальний розмір запасів повинен відповідати економічно оптимальному обсягу закупівельної партії плюс деякий гарантійний запас. Оптимальний обсяг закупівельної партії дорівнює об'єму матеріалів, які використовуються при нормальному ході виробничого процесу для випуску продукції партією оптимального розміру. При управлінні виробничими чи товарними запасами виникає два основних питання: коли поповнювати запас і яким повинен бути його оптимальний розмір. Очевидно, що запаси потребують певних витрат на їх зберігання, поки вони не будуть реалізовані. Причому втрати компанії зростають в першу чергу за рахунок того, що частина оборотного капіталу інвестується в запаси. Тому в кожному конкретному випадку важливо побудувати математичну модель, що описує досліджувану систему, та на її основі знайти оптимальне співвідношення між витратами та вигодами від обраного рівня запасів і визначити, які розміри запасів по кожній із груп товарів чи сировини є достатніми.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теорія управління запасами була розроблена на початку ХХ ст. Існує два різних підходи в теорії управління запасами: розмір замовлення – фіксований, а також інтервал часу між замовленнями є фіксованим [4; 5]. інші моделі управління запасами розроблялися під конкретні умови функціонування підприємства. Проблема оптимізації товарних запасів займалися такі вчені, як Ляшенко О. [20], Белий Б.Н. [21], Дербенцев Д.А. [21], Юхименко А.И. [21], Вовк

Л.Б. [22], Неруш Ю.М. [23], Новіков О.А. [24], Уваров С.А. [24], Левицька С.О. [25], Ліндерс М.Р. [26], Фірон Х.Є. [26] та ін.

Необхідною умовою ефективного управління матеріальними потоками є знання потреби на перспективу. Розглянемо методи, використовувані для її визначення.

Детерміновані методи розрахунку застосовуються при розрахунку вторинної потреби у матеріалах за відомою первинною [6]. При аналітичному методі розрахунок йде від специфікації виробу [7]. Синтетичний метод передбачає проведення розрахунків для кожної групи деталей виходячи зі ступеня їхньої застосовності на окремих сходинках ієрархії [8]. Стохастичні методи розрахунку дозволяють встановити очікувану потребу на основі числових даних, які характеризують її зміни протягом певного проміжку часу [9]. З цією метою використовують апроксимацію середніх значень (використовується в умовах, коли потреба в матеріалах коливається по місяцях при стійкому середньому значенні), метод експоненціального згладжування (в розрахунки вводиться постійний коефіцієнт згладжування a , значення якого підбирається таким чином, щоб звести помилку прогнозу до мінімуму) і регресійний аналіз (передбачає наближення відомих тенденцій споживання матеріальних ресурсів за допомогою математичних функцій, які можуть бути екстрапольовані на майбутній період) [10; 11].

Зазначимо, що гарантійний запас сировини на підприємстві призначається для використання тоді, коли [12]:

- попит перевищує прогноз;
- відповідного матеріалу виробляється менше, ніж заплановано;
- фактичний час виконання даного замовлення перевищує звичайний термін.

Відмітимо, що головна мета управління запасами - мінімізація різного роду витрат, пов'язаних з придбанням, зберіганням запасів. Для досягнення

цієї мети визначаються [13]: оптимальний розмір замовлення на поповнення запасів; час подання замовлення на поповнення запасів.

Вирішуються ці завдання із застосуванням економіко-математичних методів, а також за допомогою автоматизованих систем управління запасами [14]. Ученими різних країн було написано велику кількість монографій, пов'язаних з цією тематикою, серед яких відмітимо [15; 16; 17; 18]. Останні кілька десятиліть інтерес до теорії закупок та запасів не зменшується. І, не дивлячись на те, що вченими розроблено багато методів управління запасами і розв'язано велику кількість пов'язаних з цим практичних задач, порушені питання все ще залишаються актуальними.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Розглянути задачу, коли витрати сировини на основному виробництві є випадковою величиною з деякою інтенсивністю вартості за годину, коли систематичне постачання сировини деяким об'ємом створює дефіцит сировини при постійному попиті на ринку основного підприємства.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Розглянемо задачу, коли витрати сировини на основному виробництві є випадковою величиною з інтенсивністю 20 умовних одиниць вартості за годину. Відомо, що для покриття витрат систематично щотижня (30 годин) постачається сировина об'ємом 640 умовних одиниць вартості.

Позначимо через $X = t$ проміжок часу (оптимальне значення, що обумовлює відсутність дефіциту та остачі сировини), протягом якого загальний об'єм витрат сировини дорівнює об'єму її постачання (α). Припускається, що величина $X = t$ має Гамма-розподіл із параметрами α (об'єм постачання сировини в умовних одиницях вартості) і λ (інтенсивність витрат сировини за годину в умовних одиницях вартості). Розглядається потік подій зі сталою інтенсивністю λ (витрати сировини в

умовних одиницях вартості за годину), випадковою величиною X є час $t \geq 0$ (год), необхідний для настання заданого числа α (об'єм постачання сировини) подій.

Гамма-розподіл задається диференціальною функцією:

$$f_{\Gamma}(t, \alpha, \lambda) = \begin{cases} \frac{\lambda^{\alpha}}{\Gamma(\alpha)} t^{\alpha-1} e^{-\lambda t}, & t \geq 0, \\ 0, & t < 0, \end{cases} \quad (1)$$

де Гамма-функція визначається невласним інтегралом:

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} x^{\alpha-1} e^{-x} dx, \quad \alpha > 0, \quad (2)$$

який рівномірно збіжний для всіх $\alpha > 0$. При $\alpha > 0$ Гамма-функція має неперервну похідну і $\Gamma(1) = \Gamma(0) = 1$. За теоремою Ролля на інтервалі (1,2) існує така точка α , в якій $\Gamma'(\alpha) = 0$. В цій точці Гамма-функція має мінімум $\Gamma(1,461632\dots) = 0,885603\dots$

Інтегральна функція гамма-розподілу, яка має вигляд:

$$P(X < t) = F_{\Gamma}(t, \alpha, \lambda) = \begin{cases} \frac{\lambda^{\alpha}}{\Gamma(\alpha)} \int_0^t u^{\alpha-1} e^{-\lambda u} du, & t \geq 0, \\ 0, & t < 0, \end{cases} \quad (3)$$

з огляду на три параметра, складна для табулювання. Тому розглянемо перехід до неповної гамма-функції, що дає можливість табулювання на площині [19].

За допомогою замінив інтегралі (3), що залежить від трьох параметрів, одержимо інтеграл, що залежить від двох параметрів:

$$\begin{aligned} F_{\Gamma}(t, \alpha, \lambda) &= \frac{\lambda^{\alpha}}{\Gamma(\alpha)} \int_0^t u^{\alpha-1} e^{-\lambda u} du = \\ &= \left| \begin{array}{l} \lambda u = v, \quad du = \frac{1}{\lambda} dv, \\ u^{\alpha-1} = \frac{1}{\lambda^{\alpha-1}} v^{\alpha-1}, \quad v \in [0, \lambda t] \end{array} \right| = \\ &= \frac{\lambda^{\alpha}}{\Gamma(\alpha)} \int_0^{\lambda t} \left(\frac{v}{\lambda} \right)^{\alpha-1} e^{-v} \cdot \frac{1}{\lambda} \cdot dv = \\ &= \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^{\lambda t} v^{\alpha-1} e^{-v} dv, \end{aligned}$$

Маємо:

$$\frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^{\lambda t} v^{\alpha-1} e^{-v} dv = \gamma(\lambda t, \alpha), \quad (4)$$

де $\gamma(\lambda t, \alpha)$ є неповна гамма-функція (залежить від двох параметрів: $\lambda t, \alpha$).

Таким чином,

$$P(X < t) = F_{\Gamma}(t, \alpha, \lambda) = \gamma(\lambda t, \alpha). \quad (5)$$

Тоді дефіцит сировини на виробництві створюється тоді, якщо випадкова величина $X = t$ буде приймати менше значення від заданого проміжку між постачанням сировини, тобто $X = t < 30$. Отже, потрібно обчислити інтегральну функцію Гамма-розподілу для трьох параметрів: $\lambda = 20$, $t = 30$, $\alpha = 640$, або неповну Гамма-функцію від двох параметрів.

Обчислюємо за формулою (4) неповну Гамма-функцію[19]:

$$\gamma(\lambda t, \alpha) = \gamma(20 \cdot 30, 640) = \gamma(600, 640) = 0,057. \quad (6)$$

Отже, маємо ймовірність дефіциту матеріалу, враховуючи (5):

$$P(X < 30) = F_r(30, 640, 20) = 0,057 \quad (7)$$

Знайдемо такий об'єм постачання сировини, при якому ймовірність дефіциту не перебільшить 0,01. Маємо:

$$P(X < 30) = F_r(30, \alpha, 20) = \gamma(\lambda t, \alpha) = \gamma(600, \alpha) = 0,01 \quad (8)$$

Знаходимо параметр $\alpha = 660$. Таким чином, при заданій ймовірності ($P(X < 30) = 0,01$) випадкової величини $X = t < 30$ (за проміжок часу 30 годин), дефіциту сировини на виробництві не буде, якщо об'єм постачання сировини буде 660 ум.о. вартості при заданій інтенсивності 20 ум.о. вартості за годину.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку. Таким чином, розглянуто задачу, коли витрати сировини на основному виробництві є випадковою величиною з інтенсивністю 20 умовних одиниць вартості за годину. Систематичне щотижня постачання сировини об'ємом 640 умовних одиниць вартості створює дефіцит сировини в 20 ум.о. вартості за тиждень при постійному попиті на ринку основного підприємства. Якщо попит на ринку буде постійно знижуватись, то потрібно розглядати асортиментну складову з точки зору диверсифікації основного виробництва [6].

Література

1. Schwartz L.B. Multi-level production/inventory control systems: theory and practice. [Text] / L.B. Schwartz (ed) // Studies in the Management Sciences. North Holland, 1981. V.16. PP. 163-193.

2. Taha H.A. Operations Research – An Introduction (7th ed). [Text] / H.A. Taha. Prentice Hall, Inc., New Jersey, 2003.
3. Taiping Zhou, Dongyan Jiang A brief discussion on the warehouse management technology [J] // Technology and Enterprise, 2012. № (9). 49 p.
4. Altug M. S. Optimal dynamic return management of fixed inventories. Journal of Revenue and Pricing Management. 2012. V. 11. N. 6. PP.569-595.
5. Vilson Menegon Bristot, Leopoldo Pedro Guimarães Filho, Rúbia Garcia Santana. Inventory Management: Case Study in a Retail Enterprise in the Far South of Santa Catarina // American Journal of Engineering Research (AJER), e-ISSN: 2320-0847 p-ISSN : 2320-0936, 2018. Vol. 7. Iss. 3. PP. 300-309.
6. Ceryno P.S., Scavarda L.F., Klingebiel K., Yüzgülec G. Supply chain risk management: A content analysis approach // International Journal of Industrial Engineering and Management, 2013. № 4(3). PP. 141-150.
7. Logožar, K. (2013), The specifics of supply chain integration with small and medium-sized enterprises. Our Economy, 59(1-2), 3-12.
8. Bludova Tetiana, Danylyuk Nataliya, Dyma Oleksandr, Kachan Olena, Horokhova Olena Implementation of manufacturer and reseller interaction models, taking into account advertising costs // International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE), November 2019. Vol. 8. Iss. 4. PP. 4727-4736.
9. Ab Talib, M.S., Hamid, A.B.A. Application of critical success factors in supply chain management // International Journal of Supply Chain Management, 2014. № 3(1). PP. 21-29.
10. Bludova Tetiana, Usherenko Svitlana, Gromozdova Larisa, Khamska Nelina, Shaposhnik Olena Simulation depending profitability of sales variable costs on forming functions marginal profit enterprise in reengineering // International Journal of Innovative Technology and

- Exploring Engineering'(IJITEE), December 2019. Vol. 9. Iss. 2. PP. 4885-4890.
11. Naliaka V. W. & Namusonge G. S. Role of inventory management on competitive advantage among manufacturing firms in Kenya: A case study of Unga Group Limited // International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences, 2015. № 5(5). PP. 87-104.
 12. Chan F.T.S. and Wang Z. Robust production control policy for a multiple machines and multiple product-types manufacturing system with inventory inaccuracy // International Journal of Production Research, 2014. № 52(16). PP. 4803-4819.
 13. Ghosh Sudipta Performance Appraisal through Inventory Management" // The Management Accountant, 2005. PP. 560-562.
 14. Mukhopadhyay D. "JIT – A Strategic Inventory Cost Management Approach – An Empirical Study" // The Management Accountant, January 2008, PP. 60-64.
 15. Deveshwar A. & Dhawal M. Inventory management delivering profits through stock management // World Trade Centre, Dubai: Ram University of Science and Technology, 2013.
 16. Choi T. Handbook of EOQ inventory problems – Stochastic and deterministic models and applications. New York, Heidelberg, Dordrecht, London: Springer, 2012.
 17. Nzuzwa Z. W. Factors affecting the success of inventory control in the stores division of the Thekwini Municipality Durban: A case study. Durban, South Africa: Durban University of Technology, 2015.
 18. Renganathan J. My Experiment with Inventory Management // The Management Accountant, August 2009. Vol.44. PP. 20-623.
 19. Блудова Т.В. Теорія ймовірностей. Львів: ЛБІ НБУ. 2005. 318 с.
 20. Ляшенко О. Суть і проблеми оптимального управління запасами компаній / О. Ляшенко // Вісник Тернопільської академії народного

- господарства – “Економіко-математичне моделювання”. Тернопіль: Економічна думка, 1999. № 2(6). С. 3-9.
21. Білий Б. Н., Дербенцев Д. А., Юхименко А. І. Моделі управління товарними запасами. Київ: КТЕІ, 1978.
 22. Вовк Л.Б. Об одной стационарной модели управления запасами / Л.Б. Вовк, А.П. Кнопов // Теорія оптимальних рішень. 2008. №. 7. С. 102-108. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Tor_2008_7_15
 23. Неруш Ю. М. Логистика / Ю. М. Неруш, А. Ю. Неруш. М : Юрайт, 2019. 559 с.
 24. Новиков О.А., Уваров С.А. Коммерческая логистика. СПб.: СПбУЭФ, 1995. 110 с.
 25. Левицька С.О. Оцінка запасів бюджетних установ в умовах модернізації бухгалтерського обліку // Фінанси України, 2018. № (7). С. 118-128.
 26. Майкл Р. Линдерс, Харольд Е. Фирон. Управление снабжением и запасами. Логистика. 2003, Виктория-плюс, 768 с.

References

1. Schwartz L.B. Multi-level production/inventory control systems: theory and practice. [Text] / L.B. Schwartz (ed) // Studies in the Management Sciences. North Holland, 1981. V.16. PP. 163-193.
2. Taha H.A. Operations Research – An Introduction (7th ed). [Text] / H.A. Taha. Prentice Hall, Inc., New Jersey, 2003.
3. Taiping Zhou, Dongyan Jiang A brief discussion on the warehouse management technology [J] // Technology and Enterprise, 2012. # (9). 49 p.
4. Altug M. S. Optimal dynamic return management of fixed inventories. Journal of Revenue and Pricing Management. 2012. V. 11. N. 6. PP.569-595.

5. Vilson Menegon Bristot, Leopoldo Pedro Guimarães Filho, Rúbia Garcia Santana. Inventory Management: Case Study in a Retail Enterprise in the Far South of Santa Catarina // *American Journal of Engineering Research (AJER)*, e-ISSN: 2320-0847 p-ISSN : 2320-0936, 2018. Vol. 7. Iss. 3. PP. 300-309.
6. Ceryno P.S., Scavarda L.F., Klingebiel K., Yüzgülec G. Supply chain risk management: A content analysis approach // *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 2013. # 4(3). PP. 141-150.
7. Logožar, K. (2013), The specifics of supply chain integration with small and medium-sized enterprises. *Our Economy*, 59(1-2), 3-12.
8. Bludova Tetiana, Danylyuk Nataliya, Dyma Oleksandr, Kachan Olena, Horokhova Olena Implementation of manufacturer and reseller interaction models, taking into account advertising costs // *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, November 2019. Vol. 8. Iss. 4. RR. 4727-4736.
9. Ab Talib, M.S., Hamid, A.B.A. Application of critical success factors in supply chain management // *International Journal of Supply Chain Management*, 2014. # 3(1). PP. 21-29.
10. Bludova Tetiana, Usherenko Svitlana, Gromozdova Larisa, Khamska Nelina, Shaposhnik Olena Simulation depending profitability of sales variable costs on forming functions marginal profit enterprise in reengineering // *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering'(IJITEE)*, December 2019. Vol. 9. Iss. 2. RR. 4885-4890.
11. Naliaka V. W. & Namusonge G. S. Role of inventory management on competitive advantage among manufacturing firms in Kenya: A case study of Unga Group Limited // *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 2015. # 5(5). PP. 87-104.

12. Chan F.T.S. and Wang Z. Robust production control policy for a multiple machines and multiple product-types manufacturing system with inventory inaccuracy // *International Journal of Production Research*, 2014. # 52(16). PP. 4803-4819.
13. Ghosh Sudipta Performance Appraisal through Inventory Management" // *The Management Accountant*, 2005. PP. 560-562.
14. Mukhopadhyay D. "JIT – A Strategic Inventory Cost Management Approach – An Empirical Study" // *The Management Accountant*, January 2008, PP. 60-64.
15. Deveshwar A. & Dhawal M. Inventory management delivering profits through stock management // *World Trade Centre, Dubai: Ram University of Science and Technology*, 2013.
16. Choi T. Handbook of EOQ inventory problems – Stochastic and deterministic models and applications. New York, Heidelberg, Dordrecht, London: Springer, 2012.
17. Nzuza Z. W. Factors affecting the success of inventory control in the stores division of the Thekwini Municipality Durban: A case study. Durban, South Africa: Durban University of Technology, 2015.
18. Renganathan J. My Experiment with Inventory Management // *The Management Accountant*, August 2009. Vol.44. PP. 20-623.
19. Bludova T.V. Teorija jmovirnostej. Ljviv: LBI NBU. 2005. 318 s.
20. Ljashenko O. Sutj i problemy optymaljnogho upravlinnja zapasamy kompanij / O. Ljashenko // *Visnyk Ternopiljskohoji akademiji narodnogho ghospodarstva – "Ekonomiko-matematychno modeljuvannja". Ternopilj: Ekonomichna dumka*, 1999. # 2(6). S. 3-9.
21. Bilyj B. N., Derbencev D. A., Jukhymenko A. I. Modeli upravlinnja tovarnymy zapasamy. Kyjiv: KTEI, 1978.

22. Vovk L.B. Ob odnoj stacyonarnoj modely upravlenyja zapasamy / L.B. Vovk, A.P. Knopov // Teorija optymal'nykh rishenj. 2008. #. 7. S. 102-108.
URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Tor_2008_7_15
23. Nerush Ju. M. Loghystyka / Ju. M. Nerush, A. Ju. Nerush. M : Jurajt, 2019. 559 s.
24. Novykov O.A., Uvarov S.A. Kommercheskaja loghystyka. SPb.: SPBUЭF, 1995. 110 s.
25. Levycjka S.O. Ocinka zapasiv bjudzhetnykh ustanov v umovakh modernizaciji bukhghaltersjkoj obliku // Finansy Ukrainy, 2018. # (7). S. 118-128.
26. Majkl R. Lynders, Kharoljd E. Fyron. Upravlenye snabzhenyem y zapasamy. Loghystyka. 2003, Vykto'ryja-pljus, 768 s.