



**НАУЧНАЯ СТАТЬЯ**

УДК 338.43

Дата поступления: 11.08.2021  
рецензирования: 20.09.2021  
принятия статьи: 26.11.2021

**Интенсивность потока логистической цепи**

**В.К. Чертыковцев**

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева,  
г. Самара Российская Федерация  
E-mail: vkchert@ro.ru

**Аннотация:** Оценка интенсивности логистических потоков является одной из важнейших функций управления потреблением в социально-экономических системах. Сегодня возникла необходимость быстрого и гибкого реагирования производственных, торговых и транспортных систем на изменяющиеся приоритеты потребителя. Решение этой сложной проблемы берет на себя логистика. Интенсивность логистического процесса включает широкий комплекс вопросов от добычи ресурсов, переработки ресурсов, хранения, распределения и доставки готового продукта до потребителя. В работе рассмотрены вопросы моделирования интенсивности потоков логистической цепи. Построена структурная схема логистического процесса. Дано понятие логистического потока и построена его математическая модель. В основе математической модели логистического потока заложено соответствие логистической и эклектической цепей. Определены параметры модели логистического потока. Найдены соотношения между параметрами электрической и логистической цепей. Рассмотрены переходные процессы в логистических цепях. Разработаны математические модели для исследования интенсивности логистических потоков с использованием программы Mathcad. Проведен анализ и сделаны выводы. Анализ показал, что при любых моделях экономической системы остановка развития приводит к резкому уменьшению интенсивности логистического потока. В условиях развитой системы рыночная экономика имеет преимущество в интенсивности логистического потока по сравнению с плановой экономикой, но колебательный процесс приводит к постоянным экономическим кризисам, что нарушает устойчивое развитие системы. Плановая модель наиболее устойчива к экономическим кризисам это подтверждает и развитие Китая в современных условиях пандемии.

**Ключевые слова:** логистическая цепь; материальный и финансовый потоки; ресурсы; переработка; транспорт; хранение; распределение; потребление; математические модели.

**Цитирование.** Чертыковцев В.К. Интенсивность потока логистической цепи // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2021. Т. 12, № 4. С. 223-232. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2021-12-4-223-232>.

**Информация о конфликте интересов:** автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

© Чертыковцев В.К., 2021

Валерий Кириллович Чертыковцев – д.т.н., профессор кафедры «Общего и стратегического менеджмента», Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

**SCIENTIFIC ARTICLE**

Submitted: 11.08.2021  
Revised: 20.09.2021  
Accepted: 26.11.2021

**The intensity of the flow of the logistics chain**

**V.K. Chertykovtsev**

Samara National Research University, Samara, Russian Federation  
E-mail: vkchert@ro.ru

**Abstract:** Assessing the intensity of logistics flows is one of the most important functions of consumption management in socio-economic systems. Today, there is a need for rapid and flexible response of production, trade and transport systems to changing consumer priorities. Logistics takes over the solution of this complex problem. The intensity of the logistics process includes a wide range of issues from resource extraction, resource processing, storage, distribution and delivery of the finished product to the consumer. The paper considers the issues of modeling the intensity of logistics chain flows. A block diagram of the logistics process is constructed. The concept of logistics flow is given and its mathematical model is constructed. The mathematical model of the logistics flow is based on the correspondence of the logistics and electrical circuits. The parameters of the logistics flow model are determined. The relations between the parameters of the electrical and logistics chains are found. Transients in logistics chains are considered. Mathematical models have been developed to study the intensity of logistics flows using the Mathcad program. The analysis is carried out and conclusions are made. The analysis has shown that under any models of the economic system, a halt in development leads to a sharp decrease in the intensity of the logistics flow. In the conditions of a developed system, the market economy has an advantage in the intensity of the logistics flow compared to the planned economy, but the fluctuating process leads to constant economic crises, which disrupts the sustainable development of the system. The planned model is the most resistant to economic crises, this is confirmed by the development of China in the modern conditions of the pandemic.

**Key words:** logistics chain; material and financial flows; resources; processing; transport; storage; distribution; consumption; mathematical models.

**Citation.** Chertykovtsev V.K. The intensity of the flow of the logistics chain. Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management, 2021, vol. 12, no. 4, pp. 223-232. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2021-12-4-223-232>. (In Russ.)

**Information on the conflict of interest:** author declares no conflict of interest.

© Chertykovtsev V.K., 2021

*Valery K. Chertykovtsev* – Doctor of Engineering, professor of the Department of General and Strategic Management, Samara National Research University, 34 Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

## Введение

Одной из важнейших функций экономической жизни человека является управление потреблением. Сегодня возникла необходимость быстрого и гибкого реагирования производственных, торговых и транспортных систем на изменяющиеся приоритеты потребителя. Решение этой сложной проблемы берет на себя логистика. Исследование интенсивности логистических потоков при различных моделях социально-экономических систем является задачей данной работы.

## Ход исследования

Логистический процесс включает широкий комплекс вопросов от добычи ресурсов, переработки ресурсов, хранения, распределения и доставки готового продукта до потребителя.

Интенсивность логистического потока определяет движение материального и связанного с ним финансового потока логистической системы.

**Предметом исследования** интенсивности логистического потока является организация, координация, оптимизация движения материального и сопутствующего ему финансового потока.

Структурная схема логистического процесса представлена на рис.1 [1, 2].

В структуру логистического процесса входят следующие звенья:

- природные ресурсы;
- добыча;
- переработка;
- хранение;
- распределение;
- потребление.

**Ресурсы** – представляют собой энергетический источник ( $U$ ), питающий логистическую цепь и обеспечивающий движение материального потока.

**Переработка** – обеспечивает трансформацию, преобразование ресурсов в конкретный вид продукта. Переработку можно представить в виде индуктивного сопротивления  $X_L$ , которое обеспечивает эту трансформацию.

**Транспорт** – представляет собой активные потери, активное сопротивление –  $R_T$  (около 40% логистических затрат приходится на транспорт) логистической цепи.

**Хранение** – это задержка движения материального потока на время хранения. Активные потери, активное сопротивление –  $R_X$  (около 30% финансовых затрат).

**Распределение** – затраты на торговый сектор. Активные потери, активное сопротивление –  $R_P$ .

**Потребление** – носит характер емкостного сопротивления –  $X_C$ , где происходит преобразование удовлетворенных потребностей человека в финансовый поток.

**Финансы** – активные потери в области финансового сектора (производство денег, обслуживание банковской системы, планово-финансовые органы предприятий, охрана, специальные силовые ведомства обеспечивающие безопасность продвижения финансовых средств и т.д.). Активное сопротивление –  $R_\Phi$ .

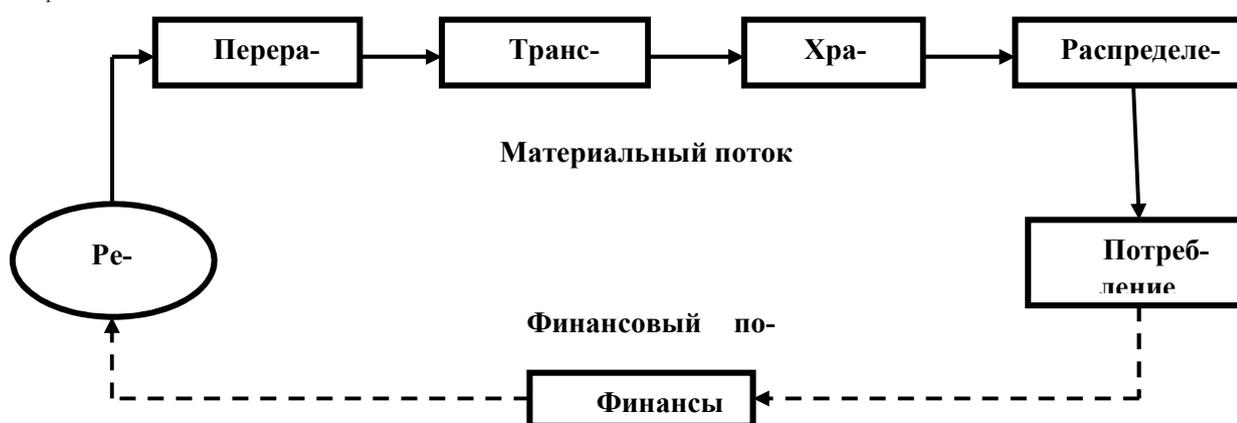


Рис. 1. Структурная схема логистического процесса  
 Fig. 1. Block diagram of the logistics process

Для эффективного функционирования логистической цепи необходимо чтобы соблюдалось условие тождественного соответствия материального потока (МП) и финансового потока (ФП).

$$МП \equiv ФП \tag{1}$$

Одним из важнейших показателей эффективности функционирования логистической системы является интенсивность логистического потока. Существует большое многообразие оценки интенсивности потоковых процессов описанных в работах [3, 4].

Интенсивность логистического потока характеризуется скоростью –  $V$  и плотностью (мощностью) –  $P$  потока.

$$G = w P Y, \tag{2}$$

где  $w$  – коэффициент пропорциональности.

Скорость логистического потока находится как

$$Y = d I / dt. \tag{3}$$

где  $I$  амплитуда логистического потока.

Амплитуду логистического потока можно найти из выражения

$$I = U / Z, \tag{4}$$

где  $Z$  – сопротивление социально-экономической среды;

$U$  – энергетический потенциал ресурсной базы.

Плотность (мощность) логистического потока находится из выражения

$$P = I U. \tag{5}$$

Отсюда интенсивность логистического потока можно записать в виде

$$G = w I U d I / dt. \quad (6)$$

Логистическую цепь можно представить как последовательную электрическую цепь рис.2. [4].

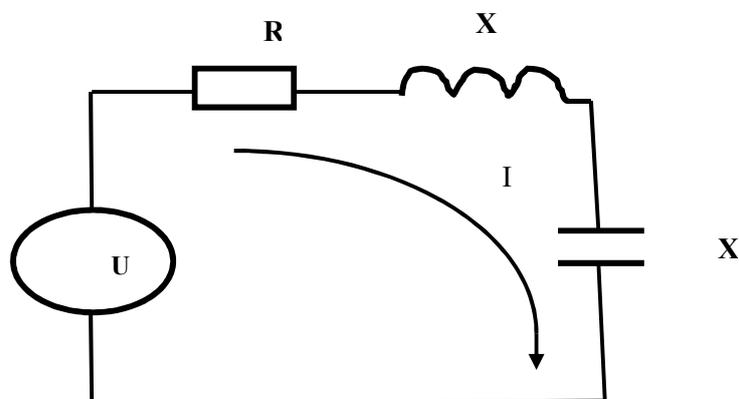


Рис. 2. Электрический эквивалент логистической цепи

Fig. 2. The electrical equivalent of the logistics chain

Найдем соответствие параметров электрической и логистической цепей [5, 6].

Если считать, что эти преобразования эквивалентны то финансовый и материальный потоки можно обозначить просто логистическим потоком I (деньги).

$$I = \text{МП} \equiv \text{ФП (деньги)}. \quad (7)$$

Активные потери – R представляют собой сумму экономических потерь транспортной системы –  $R_T$ , системы хранения –  $R_X$ , распределения –  $R_P$  и финансовой системы –  $R_\Phi$ .

$$R = R_T + R_X + R_P + R_\Phi. \quad (8)$$

Отсюда можно получить размерность всех параметров логистической цепи используя их электрический эквивалент.

Электрический потенциал  $U(t)$  эквивалентен материальным ресурсам логистической цепи. (единица измерения – ресурс)

Индуктивная составляющая  $X_L$  представляет собой трансформацию – преобразование ресурсов в конкретный продукт. Математическую модель преобразования **ресурсы – продукт** можно записать в виде

$$X_L = \omega L \quad (\text{ресурсы/ продукт}), \quad (9)$$

где  $\omega = 2 \pi f$  – угловая частота процесса преобразования;

$f = \frac{1}{T}$  – частота процесса преобразования (Гц);

T – период производственного процесса (день);

L – коэффициент преобразования **ресурсы – продукт** (производственный процесс). Размерность

$$L = \frac{\text{продукт время}}{\text{деньги}}$$

Емкостная составляющая  $X_C$  представляет собой процесс потребления, в котором происходит преобразование продукта потребляемого человеком в деньги, с помощью которых человек рассчитывается за полученный продукт. Это обратная функция процесса получения продукта из материального ресурса – потребление продукта.

Это преобразование можно записать как

$$X_C = 1 / \omega C, \quad (\text{ресурсы / деньги}) \quad (10)$$

где  $f = \frac{1}{T}$  – частота процесса преобразования (Гц). T – период производственного процесса (день).

C – коэффициент преобразования **продукт – деньги** (процесс потребления). Размерность

$$C = \frac{\text{деньги время}}{\text{ресурс- продукт}}$$

Полное сопротивление логистической цепи можно записать [7, 8, 9]

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2} \quad (11)$$

Отсюда амплитуду логистического потока можно записать как

$$I = \frac{U(t)}{Z} \quad (12)$$

Звено **потребление** представляет собой преобразование продукта в финансовый поток

В отличии от электрической цепи в логистической протекает два неоднородных потока МП и ФП. Материальный поток возникает в результате преобразования **ресурсы – продукт**, а финансовый поток возникает в результате преобразования **продукт – деньги**. Все это представляет собой логистический поток, который является основой движения всех экономических процессов в социально-экономической системе [10, 11]. Для исследования этого процесса воспользуемся моделированием логистического потока с помощью программы Mathcad [ 12 ] рыночной и плановой моделями социально-экономических систем.

### Рыночная модель

Для рынка характерен колебательный процесс. Рассмотрим несколько моделей логистического потока в условиях рынка:

- при условии возрастающей экономики –  $U_1(t) = 5t \sin \omega t$ .
- при условии отсутствия роста экономики –  $U_2(t) = 5 \sin \omega t$ .

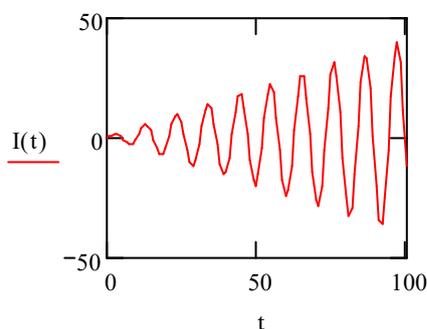
### Переходный процесс в логистической цепи в условиях развитой (растущей) экономики

$$U = 5t \sin \omega t$$

$$t := 0..100 \quad r := 10 \quad L := 2 \quad C := 0.2 \quad w1 := 0.6$$

$$Z(t) := \sqrt{r^2 + \left( w1 \cdot L - \frac{1}{w1 \cdot C} \right)^2} \quad U(t) := 5 \cdot t \cdot \sin(w1 \cdot t)$$

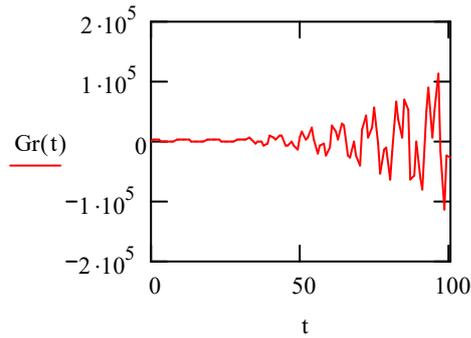
$$I(t) := \frac{U(t)}{Z(t)} \quad Y(t) := \frac{d}{dt} I(t) \quad Ur(t) := I(t) \cdot r$$



a

$$Wr(t) := \frac{r}{Z(t)}$$

$$Gr(t) := Wr(t) \cdot Ur(t) \cdot I(t) \cdot Y(t)$$



**б**

Рис. 3. Переходные логистические процессы рыночной модели в условия растущей экономики  
 а – амплитуда логистического потока; б – интенсивность логистического потока  
 Fig. 3. Transitional logistics processes of the market model in the conditions of a growing economy  
 a – the amplitude of the logistics flow; b- the intensity of the logistics flow

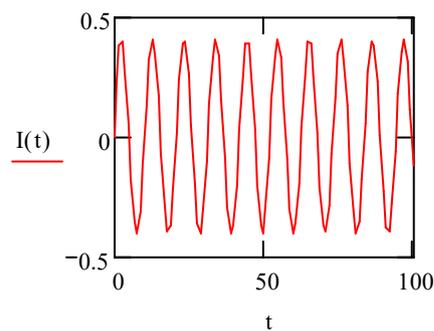
**Переходные логистические процессы рыночной модели в условиях отсутствия роста экономики**

$$U = 5\sin wt$$

$$t := 0..100 \quad r := 10 \quad L := 2 \quad C := 0.2 \quad w1 := 0.6$$

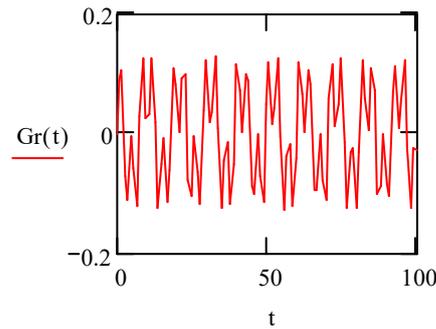
$$Z(t) := \sqrt{r^2 + \left( w1 \cdot L - \frac{1}{w1 \cdot C} \right)^2} \quad U(t) := 5 \cdot \sin(w1 \cdot t)$$

$$I(t) := \frac{U(t)}{Z(t)} \quad Y(t) := \frac{d}{dt} I(t) \quad Ur(t) := I(t) \cdot r$$



**а**

$$Wr(t) := \frac{r}{Z(t)} \quad Gr(t) := Wr(t) \cdot Ur(t) \cdot I(t) \cdot Y(t)$$



**б**

Рис. 4. Переходные логистические процессы рыночной модели в условиях отсутствия роста экономики

a – амплитуда логистического потока; б – интенсивность логистического потока

Fig. 4. Transitional logistics processes of the market model in the absence of economic growth

a – the amplitude of the logistics flow; b- the intensity of the logistics flow

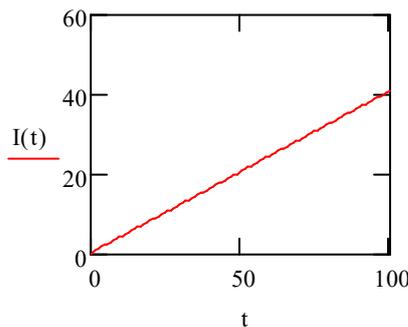
**Переходные логистические процессы плановой модели в условиях роста экономики**

$$U = 5t$$

$$t := 0..100 \quad r := 10 \quad \frac{L}{w_1} := 2 \quad \frac{C}{w_1} := 0.2 \quad w_1 := 0.6$$

$$Z(t) := \sqrt{r^2 + \left( w_1 \cdot L - \frac{1}{w_1 \cdot C} \right)^2} \quad U(t) := 5 \cdot t$$

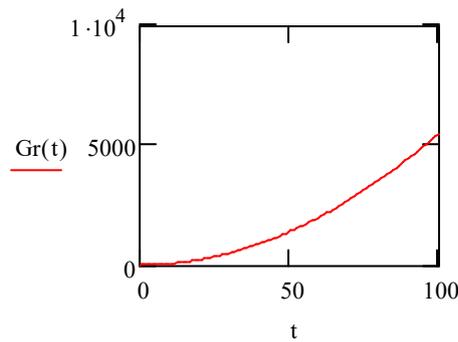
$$I(t) := \frac{U(t)}{Z(t)} \quad Y(t) := \frac{d}{dt} I(t) \quad Ur(t) := I(t) \cdot r$$



**а**

$$W_r(t) := \frac{r}{Z(t)}$$

$$Gr(t) := W_r(t) \cdot Ur(t) \cdot I(t) \cdot Y(t)$$



**б**

Рис. 5. Переходные логистические процессы плановой модели в условия растущей экономики  
 а – амплитуда логистического потока; б– интенсивность логистического потока  
 Fig. 5. Transitional logistics processes of the planned model in the conditions of a growing economy  
 a – the amplitude of the logistics flow; b- the intensity of the logistics flow

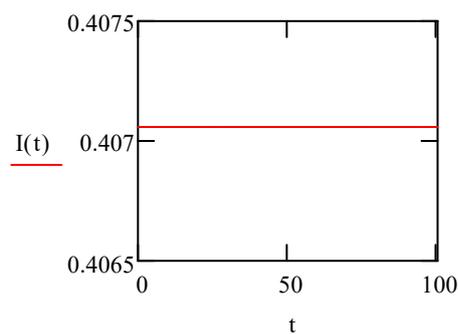
**Переходные логистические процессы плановой модели в условиях отсутствия роста экономики**

$$U = 5$$

$$t := 0..100 \quad r := 10 \quad L := 2 \quad C := 0.2 \quad w1 := 0.6$$

$$Z(t) := \sqrt{r^2 + \left( w1 \cdot L - \frac{1}{w1 \cdot C} \right)^2} \quad U(t) := 5$$

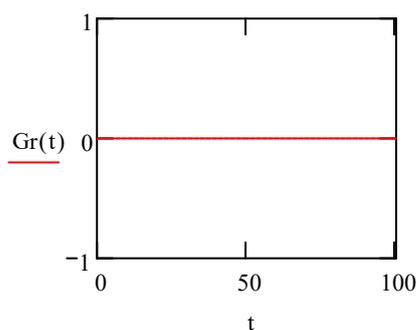
$$I(t) := \frac{U(t)}{Z(t)} \quad Y(t) := \frac{d}{dt} I(t) \quad Ur(t) := I(t) \cdot r$$



**а**

$$Wr(t) := \frac{r}{Z(t)}$$

$$Gr(t) := Wr(t) \cdot Ur(t) \cdot I(t) \cdot Y(t)$$



б

Рис. 6. Переходные логистические процессы плановой модели в условия отсутствия роста экономики

а – амплитуда логистического потока; б – интенсивность логистического потока

Fig. 6. Transitional logistics processes of the planned model in the absence of economic growth

a – the amplitude of the logistics flow; b- the intensity of the logistics flow

### Полученные результаты и выводы

На основании полученных исследований проведен сравнительный анализ рыночной и плановой экономик в области развития логистических потоков.

#### Рыночная модель экономики

1. В условиях растущей экономики интенсивность колебательного логистического процесса возрастает рис. Амплитуда колебательного процесса возрастает до 40 условных единиц в интервале времени от 0 до 100 рис. 3а. Интенсивность логистического потока начинает возрастать в середине временного интервала времени (50 условных единиц), носит ярко выраженный колебательный характер и достигает значения  $10^5$  условных единиц рис. 3б.

2. В условиях отсутствия экономического роста переходный процесс интенсивности логистического потока носит колебательный характер без изменения амплитуды. Амплитуда колебательного процесса составила около 0,4 условных единиц рис. 4а. Интенсивность логистического потока упала до 0,15 условных единиц рис. 4б, что составляет разницу в  $6 \cdot 10^6$  раз.

#### Плановая модель экономики

1. Для развивающейся растущей плановой экономики амплитуды интенсивности потока составляет порядка 40 условных единиц носит плавно изменяющийся линейный характер в интервале времени от 0 до 100 рис.5а, а интенсивность логистического потока достигает значения  $5 \cdot 10^3$  условных единиц рис. 5б.

2. В условиях отсутствия экономического роста амплитуда интенсивности потока составила порядка 0,4 условных единицы рис. 6а, а интенсивность логистического потока упала практически до 0 рис. 6б.

Это говорит о том, что при любых моделях экономической системы остановка развития приводит к резкому уменьшению интенсивности логистического потока. В условиях развитой системы рыночная экономика имеет преимущество в интенсивности логистического порядка в  $10^5 : 5 \cdot 10^3 = 20$  раз по сравнению с плановой экономикой, но колебательный процесс приводит к постоянным экономическим кризисам, что нарушает устойчивое развитие системы. Плановая модель наиболее устойчива к экономическим кризисам это подтверждает и развитие Китая в современных условиях пандемии.

### Библиографический список

1. Чертыковцев В.К. Математическое моделирование логистической цепи. Стратегические ориентиры развития экономических систем в современных условиях. Самара. Самарский университет. Вып.4. 2016. 202с. С 183 -190.
2. Чертыковцев В.К. Информационная логистика: Монография. – Самара: Изд-во Самар. гос.экон. акад. 2004. – 172с.
3. Советский энциклопедический словарь. Под редакцией А.М.Прохорова. М. Советская энциклопедия. 1984. 1600 с.
4. Политехнический словарь. Под редакцией А.Ю. Ишлинского. М. – Советская энциклопедия. 1989. 655 с.
5. Чертыковцев В.К. Интенсивность логистических процессов производства. Вестник Самарского университета Экономика и управление. Том 12 № 3 2021. С 192 – 200.
6. Нейман Л.Р., Демирчан К.С. Теоретические основы электротехники (в двух томах). Ленинград.: Энергия. 1967. 407с.
7. Chertykovtsev V.K.Method of increasing the accuracy of marketing research Modern approaches to the management of economic systems in the conditions of global transformations. Publishing House Science and Innovation Center Saint-Louis, Missouri, USA 2015. С 40 – 45.
8. Чертыковцев В.К. Устойчивое развитие социально-экономических систем. Вестник Самарского государственного университета №8 (130). 2015. С 200 – 205.
9. Чертыковцев В.К. Производственный и операционный менеджмент. М. – Юрайт, 2021. 75с.
10. Чертыковцев В.К. Диагностика и проектирование организаций. Самара: Изд-во Самарского университета,2019. 84 с.
11. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. М.: Наука. 1970. 300с.
12. Дьяконов В.П. Mathcad 11/22/13 в математике. Справочник. – М.: Горячая линия – Телеком. 2007. 958с.

### References

1. Chertykovtsev V.K. Mathematical modeling of the logistics chain. Strategic guidelines for the development of economic systems in modern conditions. Samara. Samara University. Issue 4. 2016. 202s. From 183-190.
2. Chertykovtsev V.K. Information logistics: Monograph. – Samara: Publishing House of the Samara State Economy. acad. 2004. – 172s.
3. The Soviet Encyclopedic Dictionary. Edited by A.M.Prokhorov. M. Soviet Encyclopedia. 1984. 1600 p.
4. Polytechnic Dictionary. Edited by A.Y. Ishlinsky. M. – Soviet Encyclopedia. 1989. 655 p.
5. Chertykovtsev V.K. Intensity of logistics processes of production. Bulletin of Samara University of Economics and Management. Volume 12 No. 3 2021. With 192 – 200.
6. Neiman L.R., Demirchan K.S. Theoretical foundations of electrical engineering (in two volumes). Leningrad.: Energy. 1967. 407s.
7. Chertykovtsev V.K.Method of increasing the accuracy of marketing research Modern approaches to the management of economic systems in the conditions of global transformations. Publishing House Science and Innovation Center Saint-Louis, Missouri, USA 2015. From 40 – 45.
8. Chertykovtsev V.K. Sustainable development of socio-economic systems. Bulletin of Samara State University No. 8 (130). 2015. From 200 – 205.
9. Chertykovtsev V.K. Production and operational management. M. – Yurayt, 2021. 75с.
10. Chertykovtsev V.K. Diagnostics and design of organizations. Samara: Publishing House of Samara University, 2019. 84 p.
11. Korn G., Korn T. Handbook of Mathematics. M.: Nauka. 1970. 300s.
12. Dyakonov V.P. Mathcad 11/22/13 in mathematics. Directory. – M.: Hotline – Telecom. 2007. 958с.