

И.Д. Алборов, Ю.С. Петров, И.Ю. Зорина

ПРИНЦИПЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ ГОРНЫХ ПРОВИНЦИЙ

Аннотация. Рассмотрен логистический подход при вовлечении в хозяйственный оборот триединой системы энергоснабжения горных предприятий за счет природных энергоресурсов (воды, солнца и воздуха) горных провинций. Такая технология энергоснабжения использует энергетический потенциал природных источников с весьма высокой эффективностью природопользования. Сравнение логистической сети перемещения материального потока с логистической сетью продвижения энергетического потока выявило между ними формальное сходство, которое может быть использовано для построения логистических методов и моделей в анализе автономных систем использования возобновляемых источниках энергии. Рассмотрена методика решения задачи по оптимизации системы распределения энергии, вырабатываемой преобразователями естественных энергетических составляющих (ветрогенератора, гидрогенератора и гелиоустановки) при заданном их географическом расположении и известном расположении потребителей. Стоимость вырабатываемой генераторами электрической энергии, стоимость (и потери) электрической энергии при ее передаче от i -го генератора к k -му потребителю является заданным и характеризуют постоянные параметры рассматриваемой автономной системы электроснабжения. Переменными параметрами (которые следует определить) является количество энергии, передаваемой от i -го генератора к k -му потребителю при условии выполнения созданной целевой функции.

Ключевые слова: энергоснабжение, горное предприятие, логистика, возобновляемая энергетика, горные провинции, экологические математические модели, целевая функция, комплексная энергетическая установка.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-7-0-196-204

Введение

Логистические подходы с одновременным учетом экологических факторов в горных провинциях Республики Северная Осетия–Алания были реализованы в разработках автономных многофункциональных энергетических комплексов, проводимых в Северо-Кавказском горно-металлургическом институте (горно-техническом университете), в частности, на основе использования одновременного преобразования различных типов энергетических потоков в одной комплексной энергетической установке.

Логистический подход и анализ возобновляемой энергетики горного региона с учетом общей экологической совместимости системы позволит использовать хорошо разработанные модели и методы логистики при решении многих теоретических и практических задач развития горного региона, наметить перспективные тенденции развития энергетики, обеспечить экономическую устойчивость и сохранить экологическое равновесие горных территорий.

Возможность применения ВИЭ различного типа, находящихся географиче-

ски в разных местах горного региона, различные характеристики и разное расположение потребителей электрической энергии приводят к необходимости оптимизировать преобразование, распределение и потребление энергии естественных энергетических потоков как с экологической, так и с экономической точек зрения. Довольно эффективным является логистический подход для достижения указанной цели.

Логистический подход к организации и управлению материальными потоками, например, в системе «производитель — товар — потребитель» позволил существенно повысить эффективность систем, их рентабельность и надежность [1–5]. В последнее время приемы логистики применяются не только к материальным потокам, но и распространяются на энергетические, информационные, финансовые и др. [6–10].

Устойчивое развитие горных территорий невозможно без эффективного применения возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

На рис. 1 показана традиционная логистическая сеть продвижения материального потока в системе «производство и потребление продукции». Основными составляющими системы являются: поставщики сырья 1, перевозчики 2, 4, производитель продукции 3, склады 5,

потребитель 6. Продвижение потоков сырья, продукции и вспомогательных материалов прослеживается и управляется системой 7.

На рис. 2 показана возможная логистическая сеть продвижения энергетического потока в системе «производство и потребление возобновляемой энергии». Основными составляющими системы являются: окружающая природная среда, включающая возникновение и перемещение естественных энергетических потоков 1, 2 — аналог поставщика и перевозчика сырья на рис. 1; генераторы возобновляемой энергии — производители продукции 3; средства передачи энергии электрической, тепловой, механической — «перевозчики» 4; накопительные устройства — аналог складов 5; потребители 6; продвижение преобразование энергетических потоков, их распределение и потребление, энергетическое равновесие системы прослеживается и управляется системой мониторинга и управления 7.

Нумерация элементов на рис. 1 и рис. 2 специально сделана идентичной с целью выделения сходства логистических сетей продвижения товарной продукции и энергетического потока. Формальное сходство процессов и исходных структур позволяет классифицировать анализ использования естественных энергетиче-



Рис. 1. Логистическая сеть продвижения материального потока

Fig. 1. Logistical chain of material flow

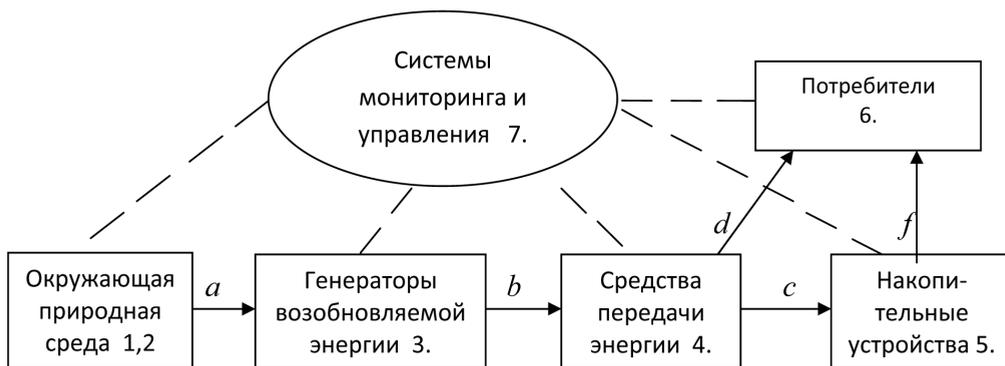


Рис. 2. Логистическая сеть продвижения энергетического потока в автономной системе использования ВИЭ

Fig 2. Logistical chain of energy flow in the independent system of energy use from renewable sources

ских потоков как логистическую задачу и применить к ее решению хорошо разработанные методы логистики, например, такие как метод экспертных оценок, многокритериальная оптимизация, сетевое планирование и др. [11–22].

Логистику возобновляемой энергетики горного региона можно рассматривать как частный случай электроэнергетической логистики, которая как известно является наукой об управлении и оптимизации энергетических потоков и связанных с ними информационных, финансовых потоков услуг, объединенных единой целью оптимизации электроснабжения на всех этапах производства и потребления электрической энергии.

Однако, как видно на рис. 2, логистика использования ВИЭ имеет свои существенные особенности. Автономные системы использования ВИЭ являются замкнутыми сами на себя системами с включением в них окружающей природной среды, которая является источником возобновляемой энергии и в которую в конце концов эта энергия (после преобразования и использования) возвращается. В связи с этим можно говорить об экологистике возобновляемой энергетики, что также созвучно с современными тенденциями развития

логистики продвижения материальных потоков, в которую все чаще включают экологические параметры.

Для анализа реальной системы преобразования и использования естественных энергетических потоков можно применить метода графов (как направленных, так и ненаправленных) Прохождение энергетического потока в процессе его преобразования и потребления можно отобразить направленным (сигнальным) графом.

Узлами графа в этом случае являются значения, характеризующие энергию потока, а передачи графа (a , b , c) — отношение энергий потока в соответствующих точках (узлах). Сигнальный граф может характеризовать вполне реальный случай соединения потребителей в виде лестничной цепи (каждый последующий потребитель подсоединяется к предыдущему). Передачу графа T (отношение выходной величины к входной) можно определить по формуле Мэсона

$$T = \frac{\sum_{k=1}^n P_k \Delta_k}{\Delta} \quad (1)$$

где P_k — передача k -го прямого пути от истока к стоку; n — число прямых путей; Δ_k , Δ — определители, вычисляемые по обычным правилам.

Если каждый потребитель представить, например, Т-образной схемой замещения, то получается каскадная схема соединения четырехполюсников; эквивалентное матричное уравнение такой цепи определяется в результате умножения А-матриц эквивалентных четырехполюсников.

$$[A_3] = [A_1] * [A_2] * ... [A_n]. \quad (2)$$

Выбор для дальнейшего анализа математической модели (1) или (2) будет определяться целями исследования и возможностями адекватного представления реальных объектов эквивалентными схемами замещения.

Широко распространенной математической моделью в логистике, в частности, в транспортной является задача оптимизации потоков при заданной структуре графа перемещения товара. В системе генерирования и потребления возобновляемой энергии можно рассматривать поток перемещения (передачи) энергии в заданной топологической структуре источников и потребителей. В общем случае такой граф можно изобразить множеством узлов, соответствующих узлам топологической структуры системы генерирования и потребления возобновляемой энергии.

Если в транспортной логистике классической задачей является задача оптимизации (минимизации стоимости) перевозок в конкретной системе производства, перемещения и потребления товара, то в энергетической системе (в данном случае использования возобновляемой энергии) классической можно считать задачу оптимизации (минимизации стоимости и потерь) в системе производства (первичного преобразования энергии возобновляемых источников), передачи и потребления энергии.

Пусть в автономной системе генерирования и потребления возобновляемой энергии имеется определенное ко-

личество первичных преобразователей естественных энергетических потоков в электрическую энергию, и некоторое количество потребителей (и накопительных пунктов), находящихся географически в разных местах и на различных расстояниях друг от друга.

Мощности генераторных установок и мощности потребителей являются известными, топология системы является заданной. Требуется разработать систему распределения энергии между генераторными установками и потребителями таким образом, чтобы, во-первых, обеспечить энергетическое равновесие системы, во-вторых, минимизировать стоимость и потери передачи энергии, в третьих, обеспечить максимум экологической совместимости всей системы (минимизировать вред, наносимый системой окружающей природной среде и уменьшить вероятность опасного влияния экологических рисков на систему).

Сформированная задача аналогична классической транспортной задаче оптимизации перевозок товара между различными пунктами назначения [23]. Она может быть решена традиционными способами линейного программирования в транспортной логистике.

Предположим, что имеется N автономных преобразовательных комплексов, например три: ветрогенератор (Г1), гидрогенератор (Г2) и гелиоустановка (Г3), географическое расположение которых известно (или заданно) — рис. 3.

Предположим также, что имеется M потребителей электрической энергии, например три: П1, П2 и П3 расположение которых так же известно (небольшое число генераторов и потребителей выбрано с целью упрощения изложения методики решения рассматриваемой задачи). Взаимное расположение генераторов и потребителей представлено топологическим графом на рис. 3, на котором также показаны варианты распре-

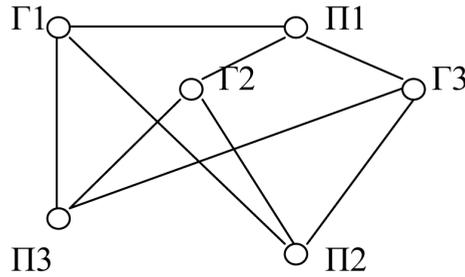


Рис. 3. Топологический граф распределения электрической энергии между генераторами (Г1, Г2 и Г3) и потребителями (П1, П2 и П3)

Fig 3. Topological graph of power distribution between generators (G1, G2 and G3) and users (P1, P2 and P3)

деления электрической энергии между генераторами потребителями.

Стоимость вырабатываемой генераторами электрической энергии, стоимость (и потери) электрической энергии при ее передаче от i -го генератора к k -му потребителю является заданными и характеризуют постоянные параметры рассматриваемой автономной системы электроснабжения. Переменными параметрами (которые следует определить) является количество энергии, передаваемой от i -го (Г1, Г2 и Г3) генератора к k -му (П1, П2 и П3) потребителю (рис. 3) при условии выполнения сформулированной целевой функции.

Целевую функцию данной оптимизационной задачи можно представить уравнением

$$N = \sum n_{ik} \cdot x_{ik} = \min, \quad (3)$$

где N — суммарная стоимость передачи передаваемой от генераторов к потребителям энергии (включая экологический ущерб); n_{ik} — стоимость энергии (включая ее производство стоимость потерь возможного экологического ущерба), передаваемой от i -го генератора к k -му потребителю; x_{ik} — количество энергии (мощность), передаваемой от i -го генератора к k -му потребителю.

Ограничения определяются реальными условиями функционирования системы электроснабжения:

$$x_{1k} + x_{2k} + x_{3k} = d_k, \quad (k = 1, 2, 3) \quad (4)$$

где d_k — мощность k -ого потребителя при

$$x_{i1} + x_{i2} + x_{i3} = P_i, \quad (5)$$

где P_i — мощность i -го генератора.

Приведенные уравнения означают, что каждый k -ый потребитель должен получить от генераторов необходимую для его нормального функционирования мощность d_k , — уравнение (4) и каждый i -ый генератор должен был способен отдать мощность P_i , распределяемую между тремя потребителями — уравнение (5). Дополнительными условиями является уравнение энергетического баланса системы

$$\sum_{i=1}^3 P_i = \sum_{k=1}^3 d_k \quad (6)$$

Из-за влияния случайных факторов на количество вырабатываемой генераторами энергии в уравнении (6) необходимо ввести мощность уже упоминавшуюся ранее накопительного устройства, которое будет работать потребителем при наличии излишек вырабатываемой энергии в системе и генератором при недостатке вырабатываемой энергии (соответствующие слагаемые в уравнении (6)) не показаны для того, чтобы не усложнять процесс сравнения логистической транспортной задачи с задачей распределения энергии в автономном комплексе генерирования и потребления энергии.

Как уже указывалось, существенным фактором в логистике возобновляемой энергетики является экологическая совместимость [22] системы преобразования и использования естественных энергетических потоков, что позволяет говорить об экологистике возобновляемой энергетики. Энергетические потоки, используемые в возобновляемой энергетике, являются следствием протекания естественных природных процессов, и преобразование естественных энергетических потоков приводит к неизбежному вмешательству в экологию окружающей природной среды. Экологическая логистика возобновляемой энергетики должна, используя традиционные методы и модели общей теории логистики, учитывать и минимизировать влияние на окружающую природную среду системы генерирования, передачи и потребления электрической энергии. В более общем случае необходимо учитывать и возможное обратное влияние — окружающей природной среды на систему возобновляемой энергии, что приводит к необходимости использования понятия экологической совместимости и автономной системы использования возобновляемой энергии. Логистические подходы с одновременным учетом экологических факторов были реализованы в разработках автономных многофункциональных энергетических комплексов, проводимых в Северо-Кавказском горно-металлургическом институте (горно-техническом университете), в частности, на основе использования одновременного преобразования различных типов энергетических потоков в одной комплексной энергетической установке [24—27]. Вместо использования, например, двух различных преобразователей естественных энергетических потоков в электрическую энергию — ветрогенератора и гелиоустановки (солнечной батареи), которые традиционно должны

находиться в разных местах и работать отдельно на один или несколько потребителей, была разработана комплексная автономная ветрогелиоустановка, в которой происходит одновременное преобразование энергии солнечного потока и потока движущегося воздуха (ветра) в электрическую с последующей передачей полученной энергии потребителю.

Заключение

Предлагаемая разработка имеет целый ряд экономических и экологических преимуществ:

- во-первых, вместо строительства двух преобразовательных установок в разных местах производится строительство одной установки в наиболее выгодном как с экономической, так и с экологической точек зрения месте;
- во-вторых, отпадает необходимость в использовании двух линий передачи электроэнергии (используется только одна);
- в-третьих, появляется возможность оптимального управления получаемой электрической энергии непосредственно во время ее генерирования и т.д.

Горные провинции, как правило, имеют высокий потенциал возобновляемых энергетических ресурсов: горные реки, ветры горных ущелий, солнечные долины и т.п. Во многих случаях (как например в РСО-Алании) возобновляемые энергетические ресурсы используются недостаточно, а использование возможностей возобновляемой энергетики горных провинций имеет экономическое и природоохранное значение для устойчивого развития горных территорий.

Логистический подход к анализу и развитию возобновляемой энергетики горных провинций с учетом общей экологической совместимости системы позволит использовать разработанные модели и методы логистики при решении как теоретических, так и практических задач развития горного региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Неруш Ю. М.* Логистика: Учебник для вузов. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. — 389 с.
2. *Николайчук В. Е.* Логистика. — СПб.: Питер, 2001. — 160 с.
3. Основы логистики: Учебное пособие / Под ред. Л. Б. Миротина и В. И. Сергеева. — М.: ИНФРА-М, 2000. — 200 с.
4. Практикум по логистике: учебное пособие / Под ред. Б. А. Аникина. — М.: ИНФРА-М, 1999. — 270 с.
5. *Родников А. Н.* Логистика: Терминологический словарь. — М.: Экономика, 1995. — 251 с.
6. *Рыжиков Ю. И.* Теория очередей и управление запасами. — СПб.: Питер, 2001. — 384 с.
7. *Сергеев В. И.* Менеджмент в бизнес-логистике. — М.: Филинь, 1997. — 772 с.
8. *Смехов А. А.* Основы транспортной логистики. — М.: Транспорт, 1995. — 197 с.
9. Транспортная логистика. Учебное пособие / Под ред. Л. Д. Миронова. — М.: МГАДИ (ТУ), 1996. — 211 с.
10. *Уваров С. А.* Логистика: общая концепция, теория и практика. — СПб.: «ИВЕСТ-НП», 1996. — 232 с.
11. *Атрохов Н. А.* О задаче коммивояжера / Повышение эффективности и качества автотранспортного обслуживания. — М.: МАДИ, 1989. — С. 72–74.
12. *Бауэрсокс Дональд Дж., Клосс Дейвид Дж.* Логистика: интегрированная цепь поставок. — М.: Олимп-Бизнес, 2001. — 640 с.
13. *Беленький А. С.* Исследование операций в транспортных системах: идеи и схемы методов оптимизации планирования. — М.: Мир, 1992. — 582 с.
14. *Бережной В. И., Порохня Т. А., Цвиринько И. А.* Управление материальными потоками микрологической системы автотранспортного предприятия. — Ставрополь: СевКаз ГТУ, 2002. — 198 с.
15. *Гаджинский А. М.* Логистика: Учебник для высших и средних учебных заведений. — М.: ИВЦ «Маркетинг», 2000. — 375 с.
16. *Гаджинский А. М.* Практикум по логистике. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательско-книготорговый центр «Маркетинг», 2001. — 180 с.
17. *Джонсан Дж. С. и др.* Современная логистика, 7-е изд. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. — 624 с.
18. *Кожин А. П., Мезенцев В. Н.* Математические методы в планировании и управлении грузовыми автомобильными перевозками: Учебник для вузов. — М.: Транспорт, 1994. — 304 с.
19. *Косова Л. Н., Мужейникова Т. В.* Логистика: Учебное пособие. — М.: Изд-во МГУП, 1999. — 79 с.
20. *Линдерс Майкл Р., Фирон Харольд Е.* Управление снабжением и запасами. Логистика. — СПб.: ООО «Виктория плюс», 2002. — 768 с.
21. *Логистика: Учебное пособие / Под ред. Б. А. Аникина.* — М.: 2000. — 352 с.
22. *Лукинский В. С., Зайцев Е. И.* Прогнозирование надежности автомобилей. — Л.: Политехника, 1991. — 220 с.
23. *Лукинский В. С. и др.* Логистика автомобильного транспорта. Концепция, метод, модели. — М.: Финансы и статистика, 2000.
24. *Петров Ю. С.* Ветроколесо, патент № 2105190, опубликован 20.02.98, бюллетень № 5.
25. *Петров Ю. С., Саханский Ю. В., Зорина И. Ю. Иликоев Г. В.* Ветроэнергетическая установка, патент № 148781, опубликован 20.12.14, бюллетень № 35.
26. *Петров Ю. С., Саханский Ю. В., Зорина И. Ю. Иликоев Г. В.* Автономная электроэнергетическая установка, патент № 158761, опубликован 20.01.2016, бюллетень № 2.
27. *Шульга Г. В., Лукинский В. В.* Выбор варианта доставки контейнеров. Экономика и менеджмент на транспорте: Сборник научных трудов: Вып. 2. — СПб.: СПбГИЭУ, 2002. — С. 160–163. **ТИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Алборов Иван Давыдович¹ — доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой,
Петров Юрий Сергеевич¹ — доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой,
Зорина Ирина Юрьевна¹ — аспирантка,
¹ Северокавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет),
e-mail: info@skgmi-gtu.ru.

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2018. No. 7, pp. 196–204.

Principles of energy supply of mining enterprises using natural energy resources of mountain provinces

Alborov I.D.¹, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Chair,
Petrov Yu.S.¹, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Chair,
Zorina I.Yu.¹, Graduate Student,
¹ North Caucasus Mining-and-Metallurgy Institute (State Technological University),
362021, Vladikavkaz, Republic of North Ossetia-Alania, Russia,
e-mail: info@skgmi-gtu.ru.

Abstract. The discussion is focused on the logistic approach to economic involvement of triunique power supply of mines from natural energy sources (water, sun and air) in mountainous regions. This technology of power supply utilizes energy potential of natural sources at the very high nature management efficiency. The comparison between logistical chains of material and energy flows reveals their formal similarity, which can be used in development of the logistic methods and models in the analysis of independent systems of renewable energy sources. The renewable energy logistics in a mountainous region can be considered as a particular case of electric power logistics. On the other hand, the renewable energy logistics has essential singularities governed, particularly, by the involvement of natural environment, which is the source of renewable energy, in the logistical chain. In connection with this, we can admit ecologistics of the renewable energy engineering and include ecological parameters in the energy analyses. A real system of conversion and utilization of natural energy flows can be analyzed using the methods of graphs (directed and undirected) and linear programming. While the classical problem in the transport logistics is optimization (cost minimization) of shipment, movement and consumption of products, the classical problem in the energy system (in our case, renewable energy use) is optimization (minimization of cost and loss) of generation (primary conversion of energy from renewable sources), transmission and consumption of energy. The procedure for solving the problems on optimization of distribution of energy produced by converters of natural energy sources (wind generator, hydroelectric generator and solar plant) given their preset geographic positions and the known location of users is considered. The cost of the generated power and the cost (and loss) of electric energy in transmission of an i -th generator to a k -th user are preset and characterize the constant parameters of the independent power supply system. The variable parameter (to be determined) is the quantity of energy transmitted from an i -th generator to a k -th user subject to the fulfillment of the constructed objective function.

Key words: power supply, mine, logistics, renewable energy sector, mountainous regions, ecological mathematical models, objective function, integrated power plant.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-7-0-196-204

REFERENCES

1. Nerush Yu. M. *Logistika: Uchebnik dlya vuzov* [Logistics: Textbook for high schools], Moscow, YuNITI-DANA, 2000, 389 p.
2. Nikolaychuk V. E. *Logistika* [Logistics], Saint-Petersburg, Piter, 2001, 160 p.
3. *Osnovy logistiki: Uchebnoe posobie. Pod red. L. B. Mirotina, V. I. Sergeeva* [Fundamentals of logistics: Educational aid. Mirotin L. B., Sergeev V. I. (Eds.)], Moscow, INFRA-M, 2000, 200 p.

4. *Praktikum po logistike: uchebnoe posobie*. Pod red. B. A. Anikina [Workshop on logistics: Educational aid. Anikin B. A. (Ed.)], Moscow, INFRA-M, 1999, 270 p.
5. Rodnikov A. N. *Logistika: Terminologicheskiy slovar'* [Logistics: Terminological dictionary], Moscow, Ekonomika, 1995, 251 p.
6. Ryzhikov Yu. I. *Teoriya ocheredey i upravlenie zapasami* [Theory of queues and inventory management], Saint-Petersburg, Piter, 2001, 384 p.
7. Sergeev V. I. *Menedzhment v biznes-logistike* [Management of business logistics], Moscow, Filin, 1997, 772 p.
8. Smekhov A. A. *Osnovy transportnoy logistiki* [Fundamentals of transport logistics], Moscow, Transport, 1995, 197 p.
9. *Transportnaya logistika*. Uchebnoe posobie. Pod red. L. D. Mironova [Transport logistics. Educational aid. Mironov L. D. (Ed.)], Moscow, MGADI (TU), 1996, 211 p.
10. Uvarov S. A. *Logistika: obshchaya kontseptsiya, teoriya i praktika* [Logistics: general concept, theory and practice], Saint-Petersburg, «IVEST-NP», 1996, 232 p.
11. Atrokhov N. A. O zadache kommvoyazhera [About traveling salesman problem]. *Povyshenie effektivnosti i kachestva avtotransportnogo obsluzhivaniya*, Moscow, MADI, 1989, pp. 72–74. [In Russ].
12. Bauersoks Dona'd Dzh., Kloss Deyvid Dzh. *Logistika: integrirovannaya tsep' postavok* [Logistical management: the integrated supply chain], Moscow, Olimp-Biznes, 2001, 640 p.
13. Belen'kiy A. S. *Issledovanie operatsiy v transportnykh sistemakh: idei i skhemy metodov optimizatsii planirovaniya* [Operations research in transportation systems: ideas and schemes of optimization methods for planning], Moscow, Mir, 1992, 582 p.
14. Berezhnoy V. I., Porokhnaya T. A., Tsvirin'ko I. A. *Upravlenie material'nymi potokami mikrologicheskoy sistemy avtotransportnogo predpriyatiya* [Materials management metrologicheskieskie system of the motor transportation enterprise], Stavropol', SevKaz GTU, 2002, 198 p.
15. Gadzhinskiy A. M. *Logistika: Uchebnik* [Logistics: Textbook], Moscow, IVTs «Marketing», 2000, 375 p.
16. Gadzhinskiy A. M. *Praktikum po logistike*. 2-e izd., pererab. i dop. [Практикум по логистике. 2-е изд., перераб. и доп.], Moscow, Izdatel'sko-knigotorgovyy tsentr «Marketing», 2001, 180 p.
17. Dzhonsan Dzh. S. *Sovremennaya logistika*, 7-e izd. [Contemporary logistics, 7th edition], Moscow, Izdatel'skiy dom «Vil'yams», 2002, 624 p.
18. Kozhin A. P., Mezentsev V. N. *Matematicheskie metody v planirovanii i upravlenii gruzovymi avtomobil'nymi perevozkami: Uchebnik dlya vuzov* [Mathematical methods in planning and managing road freight transport: Textbook for high schools], Moscow, Transport, 1994, 304 p.
19. Kosova L. N., Muzheynikova T. V. *Logistika: Uchebnoe posobie* [Logistics: Educational aid], Moscow, Izd-vo MGUP, 1999, 79 p.
20. Linders Maykl R., Firon Kharol'd E. *Upravlenie snabzheniem i zapasami. Logistika* [Management of supply and stocks. Logistics], Saint-Petersburg, OOO «Viktoriya plus», 2002, 768 p.
21. *Logistika: Uchebnoe posobie*. Pod red. B. A. Anikina [Logistics: Educational aid. Anikin B. A. (Ed.)], Moscow, 2000, 352 p.
22. Lukinskiy V. S., Zaytsev E. I. *Prognozirovanie nadezhnosti avtomobiley* [Prediction of reliability of cars HP], Leningrad, Politehnika, 1991, 220 p.
23. Lukinskiy V. S. *Logistika avtomobil'nogo transporta. Kontseptsiya, metod, modeli* [Logistics of road transport. Concept, method, models], Moscow, Finansy i statistika, 2000.
24. Petrov Yu. S. *Patent RU 2105190, 20.02.98*.
25. Petrov Yu. S., Sakhanskiy Yu. V., Zorina I. Yu. Ilikoev G. V. *Patent RU 148781, 20.12.14*.
26. Petrov Yu. S., Sakhanskiy Yu. V., Zorina I. Yu. Ilikoev G. V. *Patent RU 158761, 20.01.16*.
27. Shul'ga G. V., Lukinskiy V. V. *Vybor varianta dostavki konteynerov. Ekonomika i menedzhment na transporte: Sbornik nauchnykh trudov: Vyp. 2* [Choice of shipping containers. Economics and management in transport: Collection of scientific papers: issue. 2], Saint-Petersburg, SPbGIEU, 2002, pp. 160–163.

