УДК 620.9(075.8): 656.13.07

© Ю. Г. Котиков, д-р техн. наук, профессор
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: cotikov@mail.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2018-15-5-182-189

© Ju. G. Kotikov, Dr. Sci. Tech., Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)
E-mail: cotikov@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СУЩНОСТИ VOLERGY (L^8T^{-4} ТАБЛИЦЫ БАРТИНИ) ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ 3D ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

APPLICATION OF THE VOLERGY ENTITY (BARTINI'S TABLE L^8T^{-4}) FOR ENERGY EFFICIENCY ASSESSMENT OF WAREHOUSE SERVICE OF 3D SPATIAL OBJECTS

Освещается сформированный автором функциональный ряд оценок энергоэффективности транспортных операций на базе сущностей L^mT^{-4} таблицы Р. Бартини. В таблицу Бартини в редакции А. Г. Алейникова автором внесены коррективы с представлением энергетического ряда сущностей: *Energy-Linery-Arergy-Volergy*. Рассматриваются методические особенности получения оценок энергоэффективности транспортного обслуживания 3D пространственных объектов. Численный анализ транспортно-складского обслуживания 3D-объема с привлечением сущности L^8T^{-4} (*Volergy*) проводится на условном примере загрузки океанского контейнеровоза группой причальных кранов.

Ключевые слова: ряд сущностей Бартини L^mT^{-4} , Energy, Linery, Arergy, Volergy, океанский контейнеровоз, загрузка, энергоэффективность.

The article deals with a function series for estimates of transportation energy efficiency formulated by the author on the basis of Bartini's L^mT^{-4} table entities. The Bartini's LT-table, supplemented by A. G. Aleinikov, is adjusted by the author using the system representation of the energy series of entities: *Energy-Linery-Arergy-Volergy*. Methodical features of assessing the energy efficiency of transportation service of 3D spatial objects are considered. Numerical analysis of transport and warehouse services in 3D volume with the involvement of the L^8T^{-4} (*Volergy*) entity is carried out on a conventional example of loading the ocean-going container ship by means of several berthing cranes.

Keywords: Bartini's energy series of entities L^mT^{-4} , Energy, Linery, Arergy, Volergy, ocean container ship, loading, energy efficiency.

Введение

Оценка энергоемкости процессов перевозки и транспортно-логистического обслуживания — актуальная задача всех времен и народов. Острота этой проблемы возрастает с ростом скоростей перемещения, масштабов перевозок, растущим охватом зон обслуживания, освоением новых типов транспортных средств, энергоустановок и видов топлива.

Траектория развития логистики, пройдя путь от точечных поставок, затем цепей поставок (4PL, Fourth Party Logistic), сейчас вышла на уровень сетевых поставок (5PL, Fifth Party Logistic). Здесь, в этой точке исторической траектории, одним из возможных путей дальнейшего методического совершенствования аппарата логистики

является освоение методов перехода от сетевых моделей к полевым. В свете развития трехмерной складской и распределительной логистики (высотные склады-терминалы, океанские контейнеровозы, обслуживание небоскребов и пр.) необходимо развитие оптимизационного моделирования трехмерных сетей и полей.

Перечисленные аспекты требуют развития методов оценки энергоэффективности технических систем с точки зрения требований будущего технологического уклада. Автор в своих предыдущих публикациях для построения новых методов оценки энергоэффективности привлекал сущность L^6T^{-4} таблицы Р. Бартини [1–4]. Была показана применимость методики на базе

этой сущности для оценки линейной доставки грузов получателям.

В недавней публикации автора [5] была поставлена и частично решена задача построения на базе нескольких сущностей таблицы Бартини функционального энергетического ряда критериев и методик с охватом размерностей от 1D до 3D. Существенной оказалась авторская корректировка ряда понятий и терминов, основанных предшественниками на сущностях таблицы Бартини.

Немного истории

Роберто Бартини систематизировал и расположил все физические величины по степеням L^m и T^n в специальной LT -таблице [6]. Отметим размерность следующих классических кинематических величин в координатах $L-T$: масса — L^3T^{-2} ; энергия — L^5T^{-4} ; момент массы — L^4T^{-2} , m^4/c^2 (в принятых единицах транспортной работы — это через переводной коэффициент, $t \cdot km$).

Р. Бартини совместно с П. Г. Кузнецовым была предложена величина с размерностью L^6T^{-4} , m^6/c^4 , представляющая собой передачу энергии на расстояние [7]. Позже Р. И. Образцовой и П. Г. Кузнецовым [8] было предложено назва-

ние для транспортного варианта этой единицы: «Тран» с размерностью $[L^6T^{-4}] = (t \cdot km) \cdot km^2/c^4$.

В период 2006–2011 гг. выходец из России А. Г. Алейников с коллегами из США заполнил 11 пустующих клеток таблицы Бартини соответствующими знаковыми сущностями и сформировал физические законы сохранения этих сущностей. Первоначальная таблица Бартини после добавления этих сущностей в представлении А. Г. Алейникова приобрела вид рис. 1 [9]. Желтым цветом в таблице закрашены клетки с упомянутыми новыми 11 сущностями.

С освоением идей Р. Бартини по геометрической LT -систематизации законов физики, а также идеи Р. И. Образцовой и П. Г. Кузнецова связано развитие автором с 2001 г. [10] методологического подхода к оценке энергоэффективности транспорта и предоставляемых им транспортных услуг, который учитывал бы квадрат скорости доставки объекта.

В авторских работах [1–4] показано, что соотношение выработки транспортного средства и энергозатрат (для получения безразмерного коэффициента эффективности) должно производиться на уровне сущности Transfer в клетке

Dimensions of length to the power									
	L0	L+1	L+2	L+3	L+4	L+5	L+6	L+7	L+8
T-7								Intensivity	Flexivity
T-6							Mobility	Maneuverability	Operability
T-5						Power	Extencia	Expancia	Volupower
T-4				AcceFlow	Force	Energy	Transfer	Arergacia	Volergation
T-3				Flow	Impluse	Moment of Impluse			
T-2		Acceleration		Mass					
T-1	Frequency	Velocity	Harmonics						
T0	Dimensionless	Length	Area	Volume					
	L0	L+1	L+2	L+3	L+4	L+5	L+6	L+7	L+8

Рис. 1. Матрица физических законов и измерителей по А. Г. Алейникову [9]

L^6T^{-4} . При этом показана необходимость умножения выработки (формируемой в клетке L^4T^{-2}) на квадрат скорости переноса груза, что соответствует переходу по диагонали таблицы на два уровня вправо-вверх (см. на фрагменте таблицы Бартини — Алейникова, рис. 2).

Идентификация переменных и показателей метода по схеме рис. 2 приведена в табл. 1. Отметим, что линейная транспортная работа (выработка W_1) и линейная транспортная услуга S_1 в этом контуре исследования (см. стрелки на рис. 2) взяты с индексом «1», что означает размерность D1 и точечный характер обслуживаемого пространственного объекта.

Авторскими работами [1–4, 10] выстраивалась методология оценки энергоэффективности транспортных средств и видов транспорта при линейном (по ребрам сети) перемещении объектов перевозки с учетом кумулятивных энергозатрат жизненного цикла транспортных средств.

Подобная картина становится все более актуальной и в двухмерном варианте: например,

распространение отработавших газов по территории города, обслуживание маятниковой миграции населения в агломерации пригородными электричками. Построение методики расчета для последнего примера осуществлено автором в недавней статье [5].

Подобная картина становится актуальной и для трехмерных пространственных объектов: например, распространение отработавших газов — но в объеме над городом, отсыпка угля в открытых терминалах, высеивание людей в 3D-объеме небоскреба (до 10 тыс. человек в десятках небоскребов Шанхая), функционирование многоэтажных складских комплексов и другое.

По аналогии с линейным случаем, когда для оценки энергоэффективности грузовых перевозок автором привлекался критерий *Transfer* L^6T^{-4} таблицы Бартини (см. табл. 1), сформированы критерии для случаев утилизации энергии, затрачиваемой на перевозки, при ареальном (2D) и объемном (3D) характерах распространения продукции и/или людских массивов.

Для этого, оттолкнувшись от матрицы Бартини — Алейникова (см. рис. 1), автор вычленил фрагмент $\{L^3-L^6; T^{-2}-T^{-4}\}$ этой матрицы-таблицы [5]. Далее, с целью терминологической унификации элементов формируемого энергетического функционального ряда, автор в пределах этого фрагмента заменил и упорядочил термины и наименования единиц измерений. Сущностям энергетического ряда (элементам строки T^{-4} таблицы Бартини — Алейникова) присвоены имена, созвучные термину *Energy* (где частица «-gu» несет обобщающий смысл сущности), а именно:

Рис. 2. Схема совмещения выработки и энергозатрат на уровне сущности *Transfer* на полотно таблицы Бартини — Алейникова [2]

Таблица 1

Идентификация переменных и показателей метода по схеме рис. 2

	L^3	L^4	L^5	L^6
T^{-4}		Сила, Н	Энергия E , Дж	<i>Transfer</i> , Trn (линейная транспортная услуга S_1 , $t \cdot km^3/q^2$)
T^{-3}		Импульс	Момент количества движения	
T^{-2}	Масса, m^3/c^2 (масса M , т)	Момент массы (линейная транспортная работа (выработка W_1), $t \cdot km$)		

- *Transfer* заменен на *Linerygy* (от *linear* + *ergon*);
- *Areration* (также *Arergacia*) заменен на *Arergy* (от *area* + *ergon*);
- *Voleration* заменен на *Volergy* (от *volume* + *ergon*).

Результаты авторской систематизации отражены на рис. 3 [5].

Далее суффикс «-ation» (применяемый в английском языке для образования отглагольных существительных со значением процесса) использован для идентификации соответствующих процессов переноса (аналогично паре связанных понятий «Transport — Transportation»), а именно:

- для переноса энергии по линии — *Linerigation*;
- для распределения энергии по 2D-ареалу — *Areration*;
- для распределения энергии по 3D-сфере — *Voleration*.

Обозначения величин, представляющих сущности (подобно тому, как *A*, или *E*, или *W* представляют сущность *Energy*):

для *Linerygy* величина *Lrg* с единицей измерения Jm^1 (от $J \cdot m^1$);

для *Arergy* величина *Arg* с единицей измерения Jm^2 (от $J \cdot m^2$);

для *Volergy* величина *Vrg* с единицей измерения Jm^3 (от $J \cdot m^3$).

Идентификация новых переменных и показателей метода по схеме рис. 3 приведена в табл. 2.

Примеры возможного применения разработанных критериев для трехмерных областей обслуживания

Пойдем от простого к сложному.

1. Надувка футбольного мяча — для закачки массы воздуха совершается работа с затратами энергии; масса, поступающая из точечного источника (ниппеля), равномерно распределяется в пределах **строго ограниченной** сферы камеры.

2. Заполнение камеры сгорания цилиндра ДВС на такте всасывания — **пространство ограничено**.

3. Фейерверк. Из одного орудия (источника) — заряд транспортируется и снопом разлетается в некоторой области (не обязательно правильной сфере). В зависимости от постановки задачи это может быть область обметания крайних точек разлета искр, а может быть более широкая область — область освещаемого пространства. Услуга освещения оказывается более обширной при нескольких разнесенных орудиях, обслуживающих, однако, общее пространство над частью города (т. е. многоточечный источник). В любом из этих случаев пространство — **не строго ограничено**.

4. Операция разгона облаков — высевается масса химических веществ одним или несколькими самолетами (или наземными орудиями). Аналогично фейерверку — две области обслуживания: одна — непосредственного распыливания, вторая — расширенная (с учетом помощи метеорологических факторов и цепной реакции). Пространство — **не строго ограничено**.

5. Промышленный/бытовой холодильник: поставляемая «масса» — тепло для всего объема. Энергия затрачивается на функционирование хладагента. Источник — сеть хладагистралей (**пространство ограничено**).

6. Каждодневное заселение офисного небоскреба. **Пространство ограничено**.

Рис. 3. Новая топонимика сущностей и связь между ними [5]

Таблица 2

Идентификация переменных и показателей метода по схеме рис. 3

	L^3	L^4	L^5	L^6	L^7	L^8
T^{-4}		Сила, Н	Energy E, Дж	Linery, Lrg (линейная транспортная услуга S_1 , т · км ³ /ч ²)	Anergy, Arg (транспортная услуга распределения по ареалу S_2 , т · км ⁴ /ч ²)	Volergy, Vrg (транспортная услуга распределения по объему S_3 , т · км ⁵ /ч ²)
T^{-3}		Импульс	Момент количества движения			
T^{-2}	Масса, м ³ /с ² (масса M, т)	Линейная транспортная работа (выработка W_1), т · км)	Транспортная работа по ареалу (выработка W_2), т · км ²)	Транспортная работа по объему (выработка W_3), т · км ³)		

7. Засыпка (выемка) грунта при строительстве горной дороги — источники (машины), как правило, подвижны. **Пространство нестрого ограничено.**

8. Засыпка массива (горы) открытого угольного терминала — источником(ками) (в зависимости от постановки задачи) можно считать опрокидыватель(ли) либо хоботы разбрасывающих конвейеров (**пространство нестрого ограничено**). Разновидностью работы может быть загрузка пространства грузового отсека судна-углевоза (**пространство ограничено**).

9. Многоэтажный терминально-складской комплекс. Задача заключается в оптимальном совмещении хранения и транзита грузовых единиц в **строغو ограниченном трехмерном пространстве**.

10. Загрузка судна-контейнеровоза (**пространство ограничено**).

Приведем пример оценочного расчета обеспечения транспортной услуги по трехмерному ареалу — заполнения причальными кранами (понттейнерами) грузового пространства океанского контейнеровоза.

Условный пример расчета

Вернемся к табл. 2. Линейная транспортная выработка W_1 представляет собой традиционную транспортную работу в т · км.

Аналогично выработку по обслуживаемому объему W_3 (см. табл. 2) для соотнесения с соответствующими энергозатратами умножаем на квадрат скорости переноса груза — это соот-

ветствует переходу из клетки L^6T^{-2} по диагонали на два уровня таблицы вправо вверх — в клетку сущности Volergy L^8T^{-4} (см. табл. 2), с формированием транспортной услуги S_3 .

Рассмотрим условный численный пример. Современное судно-контейнеровоз загружается в порту после швартовки его к причалу и подключения к портовой системе электроснабжения. Полный процесс загрузки включает доставку контейнеров с автомобильного/железнодорожного фронтов, внутренних и тыловых контейнерных складов и площадок, подвозку контейнеров под краны-понттейнеры, непосредственную загрузку понттейнерами отсеков трюма и палубы, загрузку топливом, водой и другими средствами. Соответствующие энергозатраты обеспечиваются портом и статистически фиксируются. Например, порт Лос-Анджелеса (Port Of Los Angeles — POLA) с годовой производительностью 1 млн TEU затрачивает на полное обслуживание этого миллиона грузовых единиц 20 000 МВт · ч энергии [11]. Из этого объема энергозатрат на работу причальных кранов-понттейнеров относится 26 % энергии, см. рис. 4 (где Wharf Cranes и есть причальные краны).

Наш расчетный пример будет охватывать только лишь процесс непосредственной загрузки судна-контейнеровоза контейнерами посредством группы кранов-понттейнеров и будет оценивать энергоэффективность работы этой группы как единого источника, из которого со-

Рис. 4. Распределение потребления электроэнергии по видам работ типового контейнерного терминала порта Лос-Анджелес [11]: Wharf Cranes — причальные краны; Terminal Buildings — здания терминалов; Outdoor Lights — наружное освещение; Reefers — рефрижераторы; Misc — прочее

вершается распределение контейнеров по объему грузового пространства контейнеровоза.

В качестве примера судна-контейнеровоза возьмем самый большой контейнеровоз в мире (класса Triple-E) — OOCL Honk Kong: длина 400 м, ширина 59 м, дедвейт — 191 422 т, чистая грузоподъемность — 63 279 т, вместимость в контейнерах — 21 413 TEU, год выпуска — 2017 (рис. 5¹).

Представление о пространстве трюма может дать поперечный разрез второго (посленосового, не самого широкого) отсека контейнеровоза класса Triple-E, заснятого в период строительства судна (рис. 6)².

Будем рассматривать его загрузку в условиях POLA³.

Кубатура грузоместимости контейнеровоза: $21\,314 \cdot 39 \text{ м}^3 = 835\,000 \text{ м}^3$.

Транспортная работа по объему (выработка W_3) равна

$$W_3 = 63\,279\,000 \text{ кг} \cdot 835\,000 \text{ м}^3 = 52\,838 \cdot 10^9 \text{ кг} \cdot \text{м}^3.$$

Для вычисления транспортной услуги $S_3 = W_3 V^2$ необходимо определиться с расчетной скоростью грузопотока, обрабатываемого группой кранов-понтейнеров. В соответствии с [12] для одного крана Liebherr Container Cranes скорость перемещения груза 150/175 м/мин (подъем/опускание), до 152 м/мин — передвижение тележки. Перейдя к системе СИ и определив примерно округленное среднее, выбираем для одного крана 2 м/с.

Поскольку, как известно, для увеличения скорости погрузки/разгрузки больших судов в портах используется группа из нескольких параллельно работающих причальных кранов, то и скорость погрузки судна — интенсивность грузопотока (а нас в конечном итоге интересует именно эта интенсивность, а не скорость движения одиночного контейнера под стрелой

Рис. 5. Контейнеровоз OOCL Honk Kong под погрузкой

Рис. 6. Поперечный разрез второго (посленосового) отсека контейнеровоза класса Triple-E (снимок строительства)

¹ OOCL HONG KONG — контейнеровоз, технические характеристики. <http://portsinfo.ru/katalog/gonkong/66075-oocl-hong-kong-kontejnerovoz-mestopolozhenie>

² https://yandex.ru/images/search?text=%D1%81%D0%B0%D0%BC%D1%8B%D0%B9%20%D0%B1%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%88%D0%BE%D0%B9%20%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%B9%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B7%20%D0%B2%20%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%B5%202018&img_url=https%3A%2F%2Ftheloadstar.co.uk%2Fwp-content%2Fuploads%2FBuild_31-1024x683.png&pos=28&rpt=simage&lr=2

³ Port of Los Angeles, Los Angeles, CA. Energy Management Action Plan. 2014. https://www.portoflosangeles.org/DOC/DRAFT%20POLA%20E-MAP_July%202014.pdf

отдельного крана) увеличивается пропорционально числу кранов. То есть при шести кранах (см. рис. 5) интенсивность грузопотока на этапе движения тележки и подъема/опускания будет соответствовать шестикратной условной скорости перемещения груза $V = 2 \text{ м/с} \cdot 6 = 12 \text{ м/с}$ (из условия сохранения интенсивности потока, обеспечиваемой одним гипотетическим краном высокой производительности).

Тогда транспортная услуга, предоставляемая группой реальных кранов по обслуживанию грузопотока (равная услуге одного гипотетического крана), составит:

$$\begin{aligned} S_3 &= W_3 \cdot V^2 = \\ &= 52\,838 \cdot 10^9 \text{ кг} \cdot \text{м}^3 (12 \text{ м/с})^2 = \\ &= 7,609 \cdot 10^{15} \text{ кг} \cdot \text{м}^5 \cdot \text{с}^{-2} = 7,609 \cdot 10^{15} \text{ м}^8 \cdot \text{с}^{-4} = \\ &= 7,609 \cdot 10^{15} \text{ Дж}^3. \end{aligned}$$

Посмотрим, какой ценой (точнее энергозатратами) обеспечена эта услуга. Если на обработку 1 млн TEU портом затрачивается 20 000 МВт · ч энергии, то на 21 413 TEU — пропорционально: $20\,000 \cdot 21\,413 / 1\,000\,000 = 428 \text{ МВт} \cdot \text{ч} = 1,542 \cdot 10^{12} \text{ Дж}$. При доле энергозатрат в порту на работу причальных кранов в 26 % (см. рис. 4) энергозатраты на работу шести вышеназванных кранов составят: $E = 1,542 \cdot 10^{12} \text{ Дж} \cdot 0,26 = 0,4 \cdot 10^{12} \text{ Дж}$.

Стало быть, величина *Volergation*:

$$Vlg = 0,4 \cdot 10^{12} \text{ Дж} \cdot 835\,000 \text{ м}^3 = 333 \cdot 10^{15} \text{ Дж}^3.$$

И тогда безразмерный коэффициент энергоэффективности будет равен:

$$\eta_{vlg} = S_3 / Vlg = 7,609 \cdot 10^{15} \text{ Дж}^3 / 333 \cdot 10^{15} \text{ Дж}^3 = 0,0228 = 2,3 \%. \quad (1)$$

Немного!

Обсуждение

Как, вероятно, заметил внимательный читатель, кубатура вместимости судна 835 000 м³ входила выше в расчет и числителя, и знаменателя выражения (1). И этот читатель может заявить, что операция предварительного умножения и числителя, и знаменателя — лишняя. Да, это так в данном весьма упрощенном примере, когда распределение энергии по объему (отслеживаемое по строке T^{-4} , рис. 3) и распределение грузовой массы (по строке T^{-2}) были приняты идентичными — равномерными по грузовому пространству судна.

Однако при более детализированном подходе эти два распределения могут отличаться. Например, распределение энергии по исследуемому

объему будет принято равномерным, а распределение грузовой массы будет произведено с учетом плотности грузовой массы (внизу тяжелые контейнеры, сверху легкие или пустые). Тогда расчет величины W_3 будет структурно отличаться (например, появлением весовых коэффициентов для слоев трюма и палубы). Здесь же в нашем примере использованы идентичные функции заполнения объема судна с расчетом выражений и числителя, и знаменателя — и использованы они для представления верхнего уровня структуры расчетного метода.

Также лишена гибкости расчетная замена нескольких кранов одним гипотетическим сверхпроизводительным краном. Изменения в механике и в электропотреблении такого крана-гиганта относительно группы реальных кранов не будут пропорциональными изменению скорости перемещения груза. Однако для первой (грубой) оценки уровня энергоэффективности такое допущение замены посчитали возможным.

Заключение

Исследование позволило отметить весьма низкий уровень значения полученного коэффициента энергоэффективности перемещения груза группой причальных кранов $\eta_{vlg} = 0,0228 = 2,3 \%$. Сравнение этого показателя с уровнем аналогичных безразмерных показателей энергоэффективности линейного (маршрутного) перемещения груза транспортными средствами (от 5 до 15 % — см. авторские работы [1–4]) свидетельствует о том, что погрузочно-разгрузочные работы являются слабым, тормозящим звеном логистических цепей и сетей. И рекомендуемый функциональный ряд показателей позволяет системно и количественно оценить эту слабость и существенное отставание потоковых скоростей выполнения перегрузочных операций от скоростей транспортных средств.

Возможно, впервые сущность *Volergy*, элемент $L^8 T^{-4}$ таблицы Бартини, нашла аналитическое применение для расчета энергоэффективности транспортного обслуживания объема грузохранилища.

Для логистического складского комплекса единой точкой, из которой производится распределение по объему склада (вместо группы кранов), могут служить, например, ворота комплекса.

Количественная оценка в примере носит весьма условный характер. Однако, по мнению автора, сформированный метод оценки транспортного обслуживания функционального объема жизнеспособен и подлежит дальнейшему развитию.

Библиографический список

1. Котиков Ю. Г., Ложкин В. Н. Транспортная энергетика / под ред. Ю. Г. Котикова. М.: Издательский центр «Академия», 2006. 272 с.
2. Kotikov Ju. G. Estimation of Transportation Energy Efficiency by Bartini Criterion L6T-4 // *Architecture and Engineering*. 2017. Vol. 2, No. 2. Pp. 15–19.
3. Kotikov Ju. G. Calculation of Freight Rail Transport Energy Efficiency by Bartini Criterion L6T-4 // *Architecture and Engineering*. 2017. Vol. 2, No. 3. Pp. 21–25.
4. Котиков Ю. Г. Методика оценки энергоэффективности транспорта с привлечением сущности Transfer Бартини // *Вестник гражданских инженеров*. 2017. № 6 (65). С. 271–279.
5. Kotikov Ju. G. Formating Functional Line of Estimations of the Energy Efficiency of Transportations on the Basis of Bartini Table Entities // *Architecture and Engineering*. 2018. Vol. 3, No. 3. Pp. 3–9.
6. Bartini R. O. Some relations between physical constants // *Reports of the Academy of Sciences of the USSR*. 1965. Vol. 163 (4). Pp. 861–864.
7. Бартини Р. О., Кузнецов П. Г. Множественность геометрий и множественность физик // *Труды семинара «Кибернетика электроэнергетических систем»*. Брянск, 1974. 11 с. URL: <http://www.metodolog.ru/01380/01380.html> (Дата: 30.06.2017).
8. Образцова Р. И., Кузнецов П. Г., Пшеничников С. Б. Инженерно-экономический анализ транспортных систем. М.: Наука, 1990. 190 с.
9. Aleinikov A., Smarsh D. 11 New Laws of Conservation: Expanding Physics Horizons for Strategic Management // *Proceedings of the Allied Academies' Internet Conference*. 2011. Vol. 13. Pp. 130–131.
10. Котиков Ю. Г. Основы системного анализа транспортных систем. СПб.: СПбГАСУ, 2001. 264 с.
11. Matulka R., DeShazo J. R., Callahan C. Moving Towards Resiliency: An Assessment of the Costs and Benefits of Energy Security Investments for the San Pedro Bay Ports. 2013. 58 p. URL: <http://innovation.luskin.ucla.edu/sites/default/files/Port%20Report.pdf>
12. Сазизлы А. Береговые причальные перегружатели // *Основные средства*. 2005. № 3. URL: <https://os1.ru/article/6824-beregovye-prichalnye-peregruzateli>

References

1. Kotikov Ju. G., Lozhkin V. N. *Transportnaya ehnergetika* [Transport power energy sector]. Ed. by Kotikov Ju. G. Moscow, Akademiya Publ., 2006, 272 p.
2. Kotikov Ju. G. Estimation of Transportation Energy Efficiency by Bartini Criterion L6T-4. *Architecture and Engineering*, 2017, vol. 2, no. 2, pp. 15–19.
3. Kotikov Ju. G. Calculation of Freight Rail Transport Energy Efficiency by Bartini Criterion L6T-4. *Architecture and Engineering*, 2017, vol. 2, no. 3, pp. 21–25.
4. Kotikov Yu. G. *Metodika otsenki ehnergoehffektivnosti transporta s privlecheniem sushchnosti Transfer Bartini* [Technique of transport energy efficiency assessment involving the entity of Bartini Transfer]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2017, no. 6 (65), pp. 271–279.
5. Kotikov Ju. G. Formating Functional Line of Estimations of the Energy Efficiency of Transportations on the Basis of Bartini Table Entities. *Architecture and Engineering*, 2018, vol. 3, no. 3, pp. 3–9.
6. Bartini R. O. Some relations between physical constants. *Reports of the Academy of Sciences of the USSR*, 1965, vol. 163 (4), pp. 861–864.
7. Bartini R. O., Kuznetsov P. G. *Mnozhestvennost' geometrii i mnozhestvennost' fizik* [Multiplicity of geometries and multiplicity of physics]. *Trudy seminara «Kibernetika ehlektroehnergeticheskikh sistem»* [Proc. of the workshop "Cybernetics of electric power systems"]. Bryansk, 1974, 11 p. Available at: <http://www.metodolog.ru/01380/01380.html> (Accessed: 30.06.2017).
8. Obratsova R. I., Kuznetsov P. G., Pshenichnikov S. B. *Inzhenerno-ehkonomicheskii analiz transportnykh system* [Engineering-economic analysis of transport systems]. Moscow, Nauka Publ., 1990, 190 p.
9. Aleinikov A., Smarsh D. 11 New Laws of Conservation: Expanding Physics Horizons for Strategic Management. *Proceedings of the Allied Academies' Internet Conference*, 2011, vol. 13, pp. 130–131.
10. Kotikov Ju. G. *Osnovy sistemnogo analiza transportnykh system* [Basics of the system analysis of transport systems]. St. Petersburg, SPSUACE Publ., 2001, 264 p.
11. Matulka R., DeShazo J. R., Callahan C. *Moving Towards Resiliency: An Assessment of the Costs and Benefits of Energy Security Investments for the San Pedro Bay Ports*. 2013, 58 p. Available at: <http://innovation.luskin.ucla.edu/sites/default/files/Port%20Report.pdf>
12. Sagizly A. *Beregovye prichal'nye peregruzhateli* [Shore quay cranes]. *Osnovnye sredstva – Capital assets*, 2005, no. 3. Available at: <https://os1.ru/article/6824-beregovye-prichalnye-peregruzhateli>