



Автомобильные грузоперевозки: расчет энергоемкости транспортной работы



Игорь ВОСКРЕСЕНСКИЙ

Igor V. VOSKRESENSKY

Freight Transportation: Calculation of Power Intensity of Transport Operation

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 55)

При решении проблемы энергосбережения на транспорте возникает дилемма: либо увеличивать скорости движения (доставки) и сокращать время нахождения груза в процессе товародвижения, либо сокращать энергоемкость транспортной услуги.

В статье дается анализ использования измерителя транспортной работы – «тран», приведены расчеты, доказывающие его неадекватность для оценки энергоемкости транспортного процесса, особенно при наличии логистических систем и сложившегося порядка обслуживания цепей поставок. В контексте логистики ни тонно-километры, ни тем более «тран» не имеют решающего значения, поскольку на фоне максимально возможного снижения совокупных затрат на товародвижение определяющей становится синхронизация операций по обеспечению непрерывности и эффективного технического сопровождения (включая показатели энергоемкости) транспортного процесса.

Ключевые слова: автомобиль, грузоперевозки, «тран», энергоемкость транспортной работы, скорость доставки груза, альтернативные показатели.

Воскресенский Игорь Владимирович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Транспорт и логистика» Сибирского государственного индустриального университета, Новокузнецк, Россия.

Проблема энергосбережения является глобальной, транспортные процессы – одни из самых энергоемких, поэтому вопрос о сокращении энергопотребления (энергоемкости) при перевозках грузов неизменно актуален. Попытки найти в этой сфере какие-то универсальные средства мало что дают, ибо возникает дилемма: либо увеличивать скорости движения (доставки) и сокращать время нахождения груза в процессе товародвижения, либо сокращать энергоемкость транспортной услуги, приходящейся на одну тонну или тонно-километр. Увеличение скорости доставки непременно приводит к увеличению энергоемкости, стремление к сокращению энергоемкости, в свою очередь – к увеличению времени движения.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ И ЗАКОН

Человечество в своем развитии постоянно добивалось наращивания производительных сил. Рост производительных сил предполагает два аспекта: увеличение массы произведенных товаров и увеличение скорости их обращения, то есть доставку потребителю или к последующим переделам в кратчайшие сроки. Если увеличе-

ние товарной массы ограничивалось ресурсами и потребностями общества, то борьба за скорость стала основным направлением развития техники вообще и транспорта — в частности.

Сложный, составной характер скорости товарного обращения привел к разделению и специализации труда по перемещению грузов от начального до конечного пункта, а также к необходимости связывать этапы процесса, соотносясь с факторами времени и использования рабочей силы.

Применение на транспорте тепловых и электрических двигателей, развитие сопутствующих преобразователей энергии, прогрессивных технологий и систем управления производством открыло эру механизированного транспорта и высокотехнологичного обслуживания, приведшую к существенному росту скоростей и производительности транспортных систем [3].

Однако за скорость приходится расплачиваться мощностью. В зависимости от сопротивления среды, экономичности двигателя, веса и коэффициента полезного действия двигателя и многих других факторов рано или поздно наступает момент, когда плата за скорость становится чрезмерной, затраты возрастают до такого предела, когда выигрыш в скорости дает отрицательный экономический эффект. Если свести влияние всех факторов воедино, то должна быть выявлена некоторая общая тенденция, своего рода универсальный закон транспорта, связывающий удельную мощность ($\text{кВт(л.с)}/\text{т}$) и скорость движения [3], и тогда задача возрастания скорости становится оптимизационной.

Попытка установить такую зависимость была предпринята итальянцем Габриэли и американцем фон Карманом в пятидесятых годах прошлого века. Обработав огромный статистический материал, они для каждого вида транспорта построили кривую. Точный смысл её таков: при существующем уровне развития техники экипаж данного типа при данной скорости требует определенной мощности — по крайней мере, такой, какую они указали на диаграмме (рис. 1) [2].

Правда, в своих расчетах Габриэли и фон Карман брали полную мощность, хотя часть ее отбирается на вспомога-

тельные нужды и создание тяги. Более адекватной мерой была бы мощность для перевозки только полезного груза, а более точной — мощность по общему полному весу транспортного средства (допустим, собственный вес автомобиля с номинальной нагрузкой). Тем не менее, даже их диаграмма достаточно наглядно характеризует цену, уплачиваемую в единицах мощности за скорость, хотя и не за полезную нагрузку.

Приведенная диаграмма интересна тем, что показывает параболическую зависимость удельной мощности от скорости движения. Является ли это обстоятельство принципиально новым явлением и свидетельством «единого транспортного закона»?

«ТРАН» И ЛОГИЧЕСКИЕ С-«ТРАН»-НОСТИ

Вопросы создания единого транспортного закона не могут игнорировать влияние несущей среды; для поддержания экипажа в среде необходимо равновесие при его нахождении в покое; такую среду в разной степени обеспечивают земная и водная поверхности. Возможности ускоренного движения и сохранения постоянной скорости обеспечиваются не новым законом транспорта, а физическими законами тела, обладающего кинетической энергией; кинетическая энергия движущего экипажа также не является новым законом.

Скорость стремятся увеличить лишь потому, что это частный случай борьбы за время, которую ведет человечество тысячелетиями. Сократить время на преодоление 1 км пути — значит повысить производительность труда на транспорте, одновременно скорость доставки неявным образом присутствует в основной задаче транспорта — доставить груз по назначению на определенное расстояние точно в срок.

При перемещении объекта массой m в среде обитания на расстояние L преодоление силы сопротивления P среды является объективной реальностью. Неизбежность преодоления названной силы не зависит от вида носителя объекта и наличия транспортного средства $A = PL$. Сила сопротивления движению объекта со стороны среды (будь то воздух, вода или земля)





В 80-х годах прошлого столетия П. Кузнецов и Р. Образцов [4] из теоретических соображений выдвинули в качестве нового критерия оценки работы транспорта «тран» — показатель, учитывающий три фактора: тонны, километры и квадрат скорости доставки, и предложили использовать его в экономических расчетах, имея в виду, что «тран» отражает энергетическую сущность транспортного процесса, т.е. рассеяние мощности

Эту размерность можно записать и так: $(\text{т} \cdot \text{км}) \cdot (\text{км}/\text{ч})^2$, откуда видна аналогия с формулой кинетической энергии $E \approx m \cdot v^2$, если мере инерции движения тела – массе m поставить в соответствие меру инерции транспортной услуги – выработку W , т.е. $A \approx Wv^2$.

Попытки включить время доставки в критерий оценки транспортных услуг предпринимались давно. Так, еще в 1950 году проф. Н. Г. Винниченко пред-

Таблица 1

Расчет количества автомобилей и суммарной мощности (энергоемкости), необходимых для перевозки заданного количества груза

Марка	g, т	n _г , кВт	n _ф , кВт	Q, т/сут	Z _{гр}	t _{об}	T _{общ}	Σ N _г
					поездов	ч	ч	кВт • ч/сутки
КамАЗ-4308-6064-79	5	136	54,4	60	12	4,27	51,24	2787
КамАЗ-43118	10	191	76,4	60	6	4,27	25,62	1957
КамАЗ-65117	15	221	88,4	60	4	4,27	17,08	1510
КамАЗ-63501	20	294	117,6	60	3	4,27	12,81	1506

ложил вместо тонно-километров использовать так называемую транспортную единицу действия – произведение тонно-километров на скорость доставки, выраженную в километрах в час. Новый критерий был апробирован на Московском железнодорожном узле диспетчером К. П. Королёвой. Сведения о нем появились в специальной литературе, но в практике он так и не укоренился. Рационализировать перевозки и поставить оценку работы транспорта на научную основу, собственно, и призван (по мнению авторов [3, 4]) «тран» как транспортная единица действия, выдвигаемая взамен традиционных тонно-километров и рассчитанная на более точную и объективную систему оплаты транспортных услуг в борьбе за экономию топлива и смазочных материалов.

Однако предлагаемая единица («тран») не может быть внедрена как альтернатива тонно-километрам в эксплуатационной работе транспорта. Причина не в том, что транспортники «стремятся наматывать тонно-километры любой ценой», а в том, что движение транспортных средств и работа, ими выполненная, не адекватны понятию их кинетической энергии, поскольку при движении транспортного средства кинетическая энергия

присуща всему экипажу в целом, а не отдельно перемещаемому грузу. Учёт мощности, затраченной на перемещение груза, может вестись только для конкретных условий эксплуатации, разнообразие которых зависит от многих факторов, и их абстрактная формализация не имеет смысла.

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ПРИМЕР

Исследователи транспортной энергетики [3] особое значение придают единице измерения «тран» в условиях развития логистических систем и методов обслуживания цепей поставок, приближенных к требованиям дня. В контексте логистики ни тонно-километры, ни тем более «тран» не имеют решающего значения, поскольку на фоне максимально возможного снижения совокупных затрат на товародвижение определяющим будет синхронизация всех операций по обеспечению непрерывности транспортного процесса по цепям поставок при условии отсутствия признаков «подоптимизации».

Целесообразность применения единицы энергоемкости «тран» для оценки транспортной работы проанализируем на примере.

Условие задачи: необходимо перевести 60 т груза в сутки на расстояние 83 км, для

Таблица 2

Удельные значения энергоемкости при выполнении перевозок

Марка	g, т	Q, т/сут	L _(г)	T _{общ}	n _{г(т)}	n _{г(ткм)}	n _{г(ч)}	n _{г(км)}
			км	ч	кВт • ч/т	кВт • ч /ткм	кВт • ч/ч	кВт • ч /км
КамАЗ-4308-6064-79	5	60	996	51,24	46,45	0,046	54,39	2,9
КамАЗ-43118	10	60	498	25,62	32,61	0,065	76,38	3,93
КамАЗ-65117	15	60	332	17,08	25,16	0,075	88,41	4,55
КамАЗ-63501	20	60	249	12,81	25,1	0,1	117,56	6,05



этой цели используются грузовые автомобили «КамАЗ» различной грузоподъемности. Перевозки осуществляются маятниковыми маршрутами с обратным порожним пробегом со скоростью 60 км/ч.

Задействованная мощность рассчитана по формуле:

$$\sum N_i = t_{\text{об}} \cdot z_{\text{мп}} \cdot n_i \cdot k_{\text{исп}}, \quad (1)$$

где $\sum N_i$ — суммарная мощность всех автомобилей одной марки, осуществляющих перевозку груза (кВт • ч/сутки);

$t_{\text{об}}$ — время оборота одного автомобиля при выполнении перевозок (ч);

$z_{\text{мп}}$ — требуемое количество ездов автомобилей каждой марки;

n_i — номинальная мощность автомобиля каждой марки (кВт);

$k_{\text{исп}}$ — коэффициент использования мощности автомобилей при перевозках, в расчет принят — 0,4.

Требуемое количество ездов одного автомобиля заданной грузоподъемности определено зависимостью:

$$z_{\text{мп}} = \frac{Q}{g}, \quad (2)$$

где Q — суточный объем перевозок, т/сутки;

g — грузоподъемность используемых автомобилей, т.

В таблице 1 представлены расчеты количества автомобилей и суммарная энергоемкость $\sum N_i$ (кВт • ч/сутки).

В таблице 1 приняты следующие обозначения, кроме ранее приведенных:

$n_{\text{ф}}$ — фактически задействованная мощность автомобиля каждой марки (кВт);

$T_{\text{общ}}$ — фактически затраченное время для выполнения плана перевозок, ч.

Как видно из таблицы 1, мощность, задействованная всеми автомобилями, при перевозке одинакового объема груза на одинаковое расстояние, с одинаковой скоростью, различна и зависит от грузоподъемности автомобиля, причем чем выше грузоподъемность, тем меньше энергоемкость перевозок.

Расчет удельных величин по энергоемкости приводит к следующим результатам:

— энергоемкость одной тонны перевезенного груза:

$$n_{i(\text{т})} = \sum N_i / Q, (\text{кВт} \cdot \text{ч/т});$$

— энергоемкость тонно-километра перевезенного груза:

$$n_{i(\text{ткм})} = \sum N_i / QL_{(i)}, (\text{кВт} \cdot \text{ч/ткм});$$

— энергоемкость одного часа работы автомобилей при перевозке груза:

$$n_{i(\text{ч})} = \sum N_i / T_{\text{общ}(i)}, (\text{кВт});$$

— энергоемкость на один километр пробега автомобиля:

$$n_{i(\text{км})} = \sum N_i / L_{(i)}, (\text{кВт} \cdot \text{ч/км}).$$

Удельные величины энергоемкости по приведенным единицам измерения даны в таблице 2.

Как следует из таблицы 2, энергоемкость перевозки одной тонны груза снижается при увеличении грузоподъемности автомобиля, значения по остальным параметрам показывают, что увеличение грузоподъемности приводит к увеличению удельной энергоемкости на тонно-километр, час работы и километр пробега автомобиля.

Расчет энергоемкости в единицах «тран» за сутки дает константу по всем вариантам освоения перевозок, поскольку и объем перевозок, и транспортная работа, и скорость движения по всем вариантам одинаковые, а единица измерения энергоемкости — $(\text{т} \cdot \text{км}^3/\text{ч}^2)$ не отражает сути транспортного процесса.

Таким образом, единица измерения «тран» не может быть принята в качестве оценки энергоемкости транспортного процесса. Оценка его реальной энергоемкости находится в зависимости от типа транспортных средств, их грузоподъемности и принятой в бизнес-плане единицы измерения транспортной услуги.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воскресенский И. В., Воскресенская Т. П. Измеритель транспортной работы ТРАН как альтернатива тонно-километрам // Современные проблемы транспортного комплекса России: Межвуз. сб. науч. трудов / Под ред. А. Н. Рахмангулова. — Вып. 4. — Магнитогорск: Изд-во МГТУ им. Г. И. Носова, 2013. — С. 212–218.
2. Смирнов Г. В. Плата за скорость // Техника — молодежи. — 1966. — № 5. — С. 19–22.
3. Котиков Ю. Г., Ложкин В. Н. Транспортная энергетика: учеб. пособие. — М.: Академия, 2006. — 272 с.
4. Бурдаков В. Д., Смирнов Г. В. Альтернатива тонно-километрам. — М.: Знание, 1990. — 64 с. ●

Координаты автора: **Воскресенский И. В.** — wwti@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 12.02.2015, принята к публикации 19.06.2015.

FREIGHT TRANSPORTATION: CALCULATION OF POWER INTENSITY OF TRANSPORT OPERATION

Voskresensky, Igor V., Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia.

ABSTRACT

In addressing the issue of energy saving in transport there is a dilemma: either to increase speed of motion (delivery), and to reduce time when the goods are in the process of product distribution, or to reduce power intensity of transport services. The article analyzes the use of a measuring instrument of transport work – «tran».

Calculations are provided, proving its inadequacy to evaluate energy consumption, especially in the

presence of logistics systems and the established order of supply chains service. In the context of logistics neither tonne-kilometres, nor «tran» are critical, as in the background of maximum possible reduction of total cost of product distribution, rather synchronization of operations to ensure continuity and effective technical support (including power intensity) of the transport process becomes determining.

Keywords: car, freight transportation, «tran», power intensity of transport operation, delivery speed, alternative indicators.

Background. The problem of energy saving is global, transport processes are among most power-intensive ones, so the issue of reducing power consumption (power intensity) in freight transportation is invariably relevant. Attempts to find in this area some universal means give hardly anything, because there is a dilemma: either to increase speed of motion (delivery), and to reduce time when goods are in the process of product distribution, or to reduce power intensity of transport services per one tonne (t) or tonne-kilometre (tkm). The increase in delivery speed will certainly lead to increased energy consumption, a desire to reduce power intensity, in turn, leads to an increase in travel time.

Objective. The objective of the author is to consider some issues concerning power intensity of transport operation and to verify applicability of some measuring units for solution of logistics problems.

Methods. The author uses general scientific methods, comparative analysis, evaluation approach, modeling.

Results.

Regularities and law

Humanity in its development continually sought extension of productive forces. The growth of productive forces involves two aspects: increase in mass of produced goods and increase in velocity of their circulation, i.e. delivery to consumers or to subsequent production areas in the shortest time. If the increase in mass of commodities was limited by resources and needs of society, fight for speed became a main direction of development of technology in general and transport – in particular.

The complex, composite character of goods circulation speed has led to a division and specialization of labor on movement of goods from origin to destination, and also to the need to link the process stages, in accordance with the factors of time and labor utilization.

Application of heat and electric motors for transportation needs, development of related power converters, advanced technologies and production management systems opened an era of mechanized transport and high-tech services, which led to a significant increase in speed and performance of transport systems [3].

However, there is a need to pay for speed by power. Depending on resistance of environment, economical operation of engine, weight, engine efficiency, and many other factors, sooner or later time comes when the payment for speed becomes excessive, cost increases to such a point where the gain in speed gives a negative economic effect. If we link the influence of all the factors together, some general trend should be found, a kind of universal law of transport linking unit

power (kW (hp)/t) and speed of motion [3], and then the task of increasing speed becomes optimal.

An attempt to establish such a relationship was made by Italian researcher Gabrielli and American researcher von Karman in the 50s of the last century. After processing huge statistical material they constructed a curve for each mode of transport. The exact meaning of it is that at the current level of technology the vehicle of this type at this speed requires a certain power – at least, the power that they indicated in the diagram (Pic. 1) [2]¹.

However, in their calculations Gabrielli and von Karman took into account the full power, although some of it is taken for accessory needs and creation of traction. A more appropriate measure would be the power to transport only useful load, and, more accurately, the power needed to transport the total weight of the vehicle (for example, own car weight plus its nominal load). However, even their diagram quite clearly characterizes price paid in terms of power per speed, though not for net load.

The diagram is interesting because it shows a parabolic dependence of specific power on speed. Is this fact fundamentally new phenomenon, and evidence of «a unified transport law»?

«Tran» and logically s-«tran»-ge assumptions

Issues of creating a unified transport law cannot ignore the influence of the carrier medium; for the maintenance of the vehicle in the medium, there must be a balance of its stay in the rest state; such a medium to varying degrees is provided by land and water surface. Possibilities of accelerated motion and maintaining a constant speed are provided not by new law of transport, but by the physical laws of the body, having a kinetic energy; kinetic energy of moving vehicle is also not a new law.

There is a desire to increase speed only because it is a special case of fight for time, waged by humanity for thousands of years. To reduce time to overcome 1 km means to increase productivity in the transport, while the speed of delivery is implicitly present in the fundamental problem of transport – to deliver cargo to the destination for a certain distance in time.

When an object with mass m moves in life environment for the distance L overcoming the resistance force R of the medium is an objective reality. The inevitability of overcoming the said force is not dependent on the type of media object and the availability of

¹ Original publication: What price speed? Specific power required for propulsion of vehicles, G. Gabrielli and Th. von Kármán, Mechanical Engineering 72 (1950), #10, pp. 775–781. – edit. note.



Calculation of the number of cars and total power (energy intensity) required for transportation of specified volume of goods

Brand	g, t	n _i , kW	n _{ia} , kW	Q, t/day	Z _r	t _n	T _{gen}	Σ N _i
					trips	h	h	kW · h/day
KamAZ-4308-6064-79	5	136	54,4	60	12	4,27	51,24	2787
KamAZ-43118	10	191	76,4	60	6	4,27	25,62	1957
KamAZ-65117	15	221	88,4	60	4	4,27	17,08	1510
KamAZ-63501	20	294	117,6	60	3	4,27	12,81	1506

[illegible]

However, the proposed unit («*tran*») cannot be implemented as an alternative to *tkm* in the operational work of transport; the reason is not that the transport workers «tend to accumulate *tkm* at any price», but that the movement of vehicles and the work they perform, are not adequate to the concept of kinetic energy, as when a transport vehicle moves, kinetic energy is inherent to all the vehicle as to a whole unit, rather than separately to a vehicle and to a transported cargo. Accounting of power expended for the movement of goods can be carried out only

Table 2

Specific values of energy consumption during transportation

Brand	g, t	Q, t/day	$L_{(i)}$	T_{gen}	$n_{(i)}$	$n_{(tkm)}$	$n_{(h)}$	$n_{(km)}$
			km	h	kW·h/t	kW·h /tkm	kW·h/h	kW·h /km
KamAZ-4308-6064-79	5	60	996	51,24	46,45	0,046	54,39	2,9
KamAZ-43118	10	60	498	25,62	32,61	0,065	76,38	3,93
KamAZ-65117	15	60	332	17,08	25,16	0,075	88,41	4,55
KamAZ-63501	20	60	249	12,81	25,1	0,1	117,56	6,05

for specific operating conditions, a variety of which depends on many factors, and their abstract formalization does not make sense.

Example from the automotive sector

Researchers of transport power [3] attach special importance to the unit «tran» in terms of development of logistics systems and methods of supply chain service, which is relevant to the demands of the day. In the context of logistics neither tkm, nor «tran» are suitable, since in the background of maximum possible reduction of the total cost of goods distribution, rather synchronization of all operations counts. It will be the synchronization that will be determining for ensuring continuity of the transport process within supply chains in the absence of signs of «suboptimization».

Practicability of the use of the power consumption unit «tran» for the assessment of transport operation is analyzed at the example that follows.

Statement of a problem: it is necessary to transport 60 t of cargo per day at a distance of 83 km, for this purpose trucks «KamAZ» are used with different carrying capacity. Transportation is carried out via pendulum routes with the inverse empty runs at a speed of 60 km / h.

Applied power is calculated by the formula:

$$\sum N_i = t_{rt} \cdot z_r \cdot n_i \cdot k_{ut} \quad (1)$$

where $\sum N_i$ is total power of all cars of one brand, transporting cargo (kW·h/day);

t_{rt} is time of round trip of one car during transportation (h);

z_r is required number of trips of cars of each brand;

n_i is nominal power of a car of each brand (kW);

k_{ut} is coefficient of utilization of capacity of cars in transportation, for the calculation purposes it is assumed to be 0,4.

Required number of trips of one car with a set carrying capacity is determined by the dependence:

$$z_r = \frac{Q}{g}, \quad (2)$$

where Q is daily volume of traffic, t/day;

g is carrying capacity of used cars, t.

The table provides estimates of the number of cars and the total power consumption $\sum N_i$ (kW·h / day).

In Table 1, the following notations, besides the previously mentioned, are used:

n_{is} is actual applied power of car of each type (kW);

T_{gen} is actual time spent to perform the transportation plan, h.

As seen from Table 1, the power, applied by all cars during transportation of the same volume of cargo for the same distance at the same speed, varies and depends on the carrying capacity of a car, the higher is

carrying capacity, the smaller is power consumption of transportation process.

Calculation of specific quantities of power consumption leads to the following results:

– power consumption of tonnes of transported cargo:

$$n_{(t)} = \sum N / Q_i \text{ (kW·h/t);}$$

– power intensity of tkm of transported cargo:

$$n_{(tkm)} = \sum N / QL_{(ij)} \text{ (kW·h/tkm);}$$

– power intensity of one hour of work of cars during cargo transportation:

$$n_{(h)} = \sum N / T_{gen(i)} \text{ (kW);}$$

– energy intensity per one kilometre of car run:

$$n_{(km)} = \sum N / L_{(ij)} \text{ (kW·h/km).}$$

Specific values of energy consumption per units of measurement are given in Table 2.

As shown in Table 2, power intensity of transportation of one tonne of cargo decreases with increasing carrying capacity of the car, values of other parameters show that the increase in carrying capacity leads to an increase in the specific power consumption per tonne-kilometre, hour of work and kilometre of car run.

Calculation of power consumption in units «tran» per day provides a constant value for all variants of development of transportation, since volume of traffic, transport operation, and speed for all variants are the same, and the measurement unit of energy intensity (t·km³/h²) does not reflect the essence of the transport process.

Conclusion. Thus, the unit of measurement «tran» cannot be taken as an estimate of power intensity of the transport process. Evaluation of its actual power consumption depends on the type of vehicle, its carrying capacity and on specific measurement unit, adopted within a business plan of a given business entity.

REFERENCES

1. Voskresensky, I. V., Voskresenskaya, T. P. Measuring unit of transport operation TRAN as an alternative to tonne-kilometres [Izmeritel' transportnoj raboty TRAN kak al'ternativa tonno-kilometram]. Modern problems of the transport complex of Russia: collection of scientific works. Ed. by Rakhmangulov, A. N., Iss. 4. Magnitogorsk, Nosov MSTU publ., 2013, pp. 212–218.

2. Smirnov, G. V. Price for the speed. *Tekhnika – molodezhi*, 1966, Iss.5, pp. 19–22.

3. Kotikov, Yu. G., Lozhkin, V. N. Transport power engineering: educational guide [Transportnaja energetika: ucheb. posobie]. Moscow, Academia publ., 2006, 272 p.

4. Burdakov, V. D., Smirnov, G. V. Alternative to tonne-kilometres [Al'ternativa tonno-kilometram]. Moscow, Znanie publ., 1990, 64 p.



Information about the author:

Voskresensky, Igor V. – Ph.D. (Eng.), associate professor, head of the department of Transport and logistics of Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia, wwti@mail.ru.

Article received 12.02.2015, accepted 19.06.2015.