



## Оценка рисков перевозки нестандартных грузов на примере подъемно-транспортных средств

*Р.С.Магомадов*

*Грозненский государственный технический нефтяной университет*

**Аннотация:** Проблема уменьшения всех затрат, связанных с выполнением работ на объекте строительства, является актуальной ввиду все возрастающей стоимости специальной техники и материалов, используемых при строительстве, ужесточение конкурентной борьбы на рынке строительных услуг. Одним из направлений уменьшения этих потерь является поиск оптимальных вариантов организации процесса строительства, в частности использования дорогой строительной техники и прежде всего подъемно-транспортных средств (ПТС). Именно этой задаче и посвящена данная работа. В работе формализована задача минимизации потерь и издержек связанных с доставкой с выполнением различных вспомогательных сопровождающих процессов использования ПТС. Учен большой набор фактов, которые могут оказать негативные влияние на процесс использования ПТС. Полученные выражения включают семь вспомогательных функций, которые в свою очередь зависят от ряда констант и простейших функций. Исследованы две из семи вспомогательных функций, востребованных в построенных моделях, получены аналитические соотношения для вычисления значений этих функций.

**Ключевые слова:** перевозка специальной техники, математическая модель, зона строительства, подъемно-транспортные средства, минимизация рисков, потери и издержки, оценка параметров модели.

### **Введение**

Процесс выполнения строительных, монтажных, ремонтных, поставочных и иных работ, проводимых на удаленных территориях, состоит из большого числа подпроцессов (этапов), связанных не только с разработкой проекта и непосредственно выполнением этих работ, но и с подготовкой рабочей площадки, доставкой на нее специальной техники и вывозом ее после окончания работ, обеспечением своевременной поставки материалов, обустройством территории по окончании работ, охраной зоны работ и рядом других процессов. По многим из этих подпроцессов имеются достаточно эффективные и активно используемые программные средства; в частности, по проведению строительных работ в соответствии с сформированным графиком, контролю за процессом поставок материалов на

---



объект строительства [1, 2], по транспортной логистике [3,4], в том числе с использованием спутниковых систем отслеживания GPS и ГЛОНАС [5, 6]. Но для ряда этапов пока нет достаточно приемлемых программно-технических средств, которые позволили бы повысить эффективность процесса и уменьшить риски, связанные с этим процессом. К таковым относится, в частности, процесс доставки специальной техники на объект выполнения работ – назовем его условно объектом строительства, являющегося наиболее важным приложением рассматриваемой работы. Есть ряд важных принципиальных особенностей этого процесса, создающих сложности при его реализации, по сравнению, например, с процессом доставки на объект строительных материалов; в частности, негабаритность многих из перемещаемых грузов (например, стационарных подъемно-транспортных средств), что порождает необходимость использования специальных транспортных средств, выбора специальных маршрутов и приемлемых временных промежутков для доставки техники на объект строительства, соблюдение мер безопасности и охраны ввиду высокой стоимости этой техники, высокий уровень требований к квалификации и ответственности водителей, осуществляющих эти перевозки. Именно этой тематике и посвящена данная работа. В работе строятся ряд формализованных моделей оценки рисков, описывающих процесс перевозки строительных грузов с учетом всех основных факторов, связанных с процессом перевозок [7-10]. Среди работ по данной тематике укажем на работы [1, 12], затрагивающих данную задачу.

### **Формирование целевых функций процесса перемещения подъемно-транспортных средств**

Процесс перемещения подъемно-транспортных средств (ПТС) включает следующие основные этапы: 1) планирование – выбор автотранспортных средств для перевозки ПТС, маршрутов и графика перевозки; 2)

---



непосредственно перевозка ПТС – погрузка/разгрузка ПТС, перевозка, возможное сопровождение либо непрерывный контроль процесса перевозки. Первый из перечисленных этапов относится в своей основе к процессам транспортной логистики. Это направление научно-практической деятельности достаточно хорошо исследовано, имеется целый ряд программных средств его поддержки [6,7]. Однако, для учета специфических ограничений, связанных с соблюдением требований по безопасности, задача выбора оптимального маршрута анализируется. Также объектом анализа является непосредственно процесс перевозки ПТС. Участниками (составными компонентами) этого этапа являются: а) дорожно-транспортная система между пунктами приема и доставки груза; б) непосредственно ПТС или другой ценный груз и перевозящее его транспортное средство; в) административные и технические ограничения на маршруте перемещения, устанавливаемые местными органами власти, а также рыночными механизмами. Каждый из перечисленных компонентов является потенциальным источником потерь и издержек, которые в значительной степени определяют характеристики эффективности процесса перевозки, в том числе и все риски, связанные с ними. Поэтому необходимо оценить эти риски для выбора наиболее приемлемых вариантов перевозки ПТС и других ценных грузов.

В работе [11] с участием автора получены следующие соотношения для различных видов потерь, связанных с процессом перевозки грузов.

1. Потери  $L_1$ , связанные с дорожно-транспортной системой между пунктами перемещения ПТС.

$$L_1 = \sum_{j \in V} \chi(v = j) \cdot \sum_{k=1}^V \chi(\mu = k) \sum_{i=1}^{N_1} \left( Q_1 \cdot (s_i^{(k)} \cdot f_1(q_i^{(k)}) + s_i^{(k)} \cdot Q_2) + M_1 \cdot \chi(S_j \leq P_i^{(k)}) \cdot \right. \\ \left. \cdot \chi(\pi_j \leq g_i^{(k)}) + M_2 \cdot f_2(b_i^{(k)}, \tau_i^{(k)}, g_i^{(k)}, v_i^k) + \sum_{t \in T} M_3 \cdot f_3(p_i^{(k)}, D_j, C(t)) \right) \quad (1)$$



где  $N_1$  – число участков  $s_i$ , формирующих маршрут перевозки груза;  $q_i$  – интегральный показатель качества дорожного покрытия на  $i$ -ом участке;  $\tau_i$  – среднего времени простоя на  $i$ -ом участке маршрута;  $b_i$  – ширине дороги на  $i$ -ом участке;  $P_i$  – величина допустимой нагрузки на дорожное покрытие на  $i$ -ом участке;  $g_i$  – максимально допустимые габаритные размерам перемещаемого груза на  $i$ -ом участке маршрута перевозки;  $p_i$  – оценка уровня безопасности выбранного маршрута перевозки груза по  $i$ -ому участку маршрута по заданной шкале;  $V$  – число возможных вариантов выбора маршрута перевозки груза (при этом два разных маршрута отличаются хотя бы одним участком перевозки). Суммирование ведется по  $t$  – всем промежуткам часовой длины отрезка времени  $T = [T_{\min}; T^{\max}]$ , в течение которых перевозится груз. Это время  $t$  (час.) нумеруется единым порядком в течение одной недели, начиная с понедельника, тогда  $t \in [0; 5 \times 24 - 1] = [0; 119]$  соответствует рабочим дням недели, а  $t \in [120; 7 \times 24 - 1] = [1200; 167]$  – выходным дням.

При записи (1) также введены следующие обозначения:  $N_2$  – число всех ПТС в строительной организации;  $F$  – множество тех ПТС в организации, которые могут быть использованы на рассматриваемом объекте работы;  $\nu$  – порядковый номер ПТС, которое выбирается для использования при проведении работ на объекте строительства;  $\chi(A) = 1$ , если условие  $A$  выполняется, и  $\chi(A) = 0$  в противном случае;  $\mu$  – номер выбранного для перевозки груза варианта маршрута;  $Q_1$  и  $Q_2$  – средняя стоимость и величина расхода при ожидании в транспортном потоке горюче-смазочных материалов соответственно;  $P_i^{(k)}$  и  $g_i^{(k)}$  – ограничения по ширине, длине и высоте транспортного объекта и по нагрузке на дорожное покрытие, создаваемого транспортным средством, при передвижении по  $i$ -ому участку  $k$ -го маршрута;



$M_1$ ,  $M_2$  и  $M_3$  - средняя величина штрафных санкций при нарушении ограничений по объемно-весовым показателям по маршруту движения хотя бы на одном участке, либо связанные с блокированием дорожного движения перемещаемым ПТС, либо связанная с нарушением требований по безопасности перемещаемого ценного груза соответственно;  $\pi$  - нагрузку на дорожное покрытие;  $v_i^{(k)}$  - средняя скорость передвижения транспортного средства на  $i$ -ом участке  $k$ -го маршрута.

При построении функции потерь  $L_1$  были введены следующие вспомогательные функции:  $f_1()$  - функция, характеризующая расход горюче-смазочных материалов на 1 км пути;  $f_2()$  - функция, описывающая зависимость вероятности блокировки дорожного движения на данном участке дороги;  $f_3()$  - функция, описывающая зависимость вероятности нарушения безопасности на заданном участке.

Дадим пояснения по структуре функции  $L_1$ . Первое слагаемое  $Q_1 \cdot (s_i^{(k)} \cdot f_1(q_i^{(k)}) + s_i^{(k)} \cdot Q_2)$  описывает расход горюче-смазочных материалов,  $M_1 \cdot \chi(S_j \leq P_i^{(k)}) \cdot \chi(\pi_j \leq g_i^{(k)})$  - средняя величина выплаченных штрафных санкций при нарушении ограничений по объемно-весовым показателям по маршруту движения хотя бы на одном участке,  $M_2 \cdot f_2(b_i^{(k)}, \tau_i^{(k)}, g_i^{(k)}, v_i^{(k)})$  - средние размеры выплаченных штрафных санкций, связанные с блокированием дорожного движения перемещаемым ПТС,  $M_3 \cdot f_3(p_i^{(k)}, D_j, C(t))$  - средняя величина потерь, связанная с нарушением требований по безопасности перемещаемого ПТС на  $i$ -ом участке  $k$ -го маршрута.

2. Вторым источником потерь, в соответствии с проведенном выше перечислением компонентом модели, является непосредственно ПТС как объект перемещения. Как указано в [11], все факторы, порождающие риски, которые связаны со вторым компонентом модели, учтены в функции  $L_1$ .



3. Потери и издержки  $L_2$ , связанные с третьим компонентом модели - административно-техническими ограничениями на маршруте перевозки груза, равны:

$$\begin{aligned}
 L_2 &= M_4 \cdot \chi\left(\sum_{k=1}^V \chi(\mu = k) \sum_{i=1}^{N_1} \sum_{t=T_{\min}}^{T_{\max}-1} \chi(t \in [0;119])\right) \cdot \chi(l(t) = \\
 &= (k, i)) \cdot \chi((t \bmod 24) \in [t_{i,нач}^{(k)}; t_{i,кон}^{(k)})) + \\
 &+ M_5 \cdot \chi\left(\sum_{k=1}^S \chi(\mu = k) \sum_{i=1}^{N_1} \sum_{t=T_{\min}}^{T_{\max}-1} \chi(t \in [120;167])\right) \cdot \chi(l(t) = \\
 &(k, i)) \cdot \chi((t \bmod 24) \in [t_{i,кон}^{(k),\epsilon}; t_{i,кон}^{(k),\epsilon}])) + \\
 &+ \sum_{t=T_{\min}}^{T_{\max}} m(t) + M_6 \cdot \chi\left(\sum_{k=1}^S \chi(\mu = k) \sum_{i=1}^{N_1} \sum_{t=T_{\min}}^{T_{\max}-1} \chi(l(t) = (k, i)) \cdot f_4(b_i^{(k)}, \tau_i^{(k)}, g_i^{(k)}, v_i^k, t)\right) \quad (2)
 \end{aligned}$$

где  $t_{i,нач}^{(k)}$ ,  $t_{i,кон}^{(k)}$  и  $t_{i,нач}^{(k),\epsilon}$  и  $t_{i,кон}^{(k),\epsilon}$  - начало и окончание временного промежутка в течение рабочего либо соответственно выходного дня, когда запрещен проезд крупных транспортных средств по  $i$ -му участку;  $m(\ )$  - средние затраты на охранное сопровождение;  $M_4$  и  $M_5$  - величины штрафов за нарушение разрешенных интервалов времени проезда ПТС по заданному участку в рабочие и выходные дни соответственно;  $M_6$  - величина потерь, связанная с технической поломкой при передвижении груза;  $f_4(\ )$  - функция, описывающая зависимость вероятности технического отказа или поломки на заданном участке маршрута.

Полученные соотношения для функций  $L_1$  и  $L_2$  зависят от введенных выше вспомогательных функций  $f_k(\ )$  ( $k = \overline{1;4}$ ). Поэтому для практического решения поставленной в работе задачи минимизации суммарных потерь необходимо, прежде всего, провести анализ возможного вида всех функций  $f_k(\ )$ , а также описать возможные значения параметров, от которых они зависят.



## 2. Анализ вспомогательных функций

Выше в процессе формирования моделей компонентов процесса строительства были введены вспомогательные функции  $f_1(\cdot) - f_4(\cdot)$ , описывающие следующие события:  $f_1(x)$  – функция, описывающая расход горюче-смазочных материалов на 1 км пути при качестве дорожного покрытия  $x = (h; N_{\text{неров}})$ , где  $N_{\text{неров}}$  – среднее количество неровностей на 1 м дорожного покрытия,  $h$  – средняя глубина каждой неровности;  $f_2(b, T, x, y, z, v)$  – функция, описывающая зависимость вероятности блокировки дорожного движения на данном участке дороги с шириной проезжей части  $b$  метров, при условии, что скорость перемещения ПТС либо перевозящего его транспортного средства на данном участке маршрута движения равна  $v$ , габаритные размеры перемещаемого ПТС характеризуются показателем  $(x, y, z)$  (длина, ширина, высота) и степень транспортной загруженности участка описывается временем задержки  $T$  часов;  $f_3(s, d, L)$  – функция, описывающая зависимость вероятности нарушения безопасности на участке при оценочном уровне его безопасности равном  $s$  и оценочном уровне защищенности перемещаемого ПТС  $d$ , а также наличия/отсутствия охранного сопровождения, что описывается с помощью величины затрат  $L$  на охранное сопровождение за промежуток времени от  $t$  до  $t+1$ ;  $f_4(b, a, c, v, t)$  – функция, описывающая зависимость вероятности технического отказа или поломки на  $i$ -ом участке  $k$ -го маршрута в момент  $t$  при ширине проезжей части  $b$ , среднем времени простоя ввиду перегруженности участка  $a$ , габаритных размерах груза  $c = (c_{\text{дл}}; c_{\text{шир}}; c_{\text{выс}})$  и средней скорости  $v$  движения на участке. Проведем анализ возможного вида функции  $f_1(\cdot)$ .

Рассмотрим функцию  $f_1(x)$ . Увеличение расхода горючего связано, прежде всего, с тем, что ввиду погружения колес ПТС в неровности

---

дорожного покрытия выполняется дополнительная работа по вертикальному перемещению из неровностей. Считаем, что ПТС движется достаточно медленно, погружаясь в каждую из неровностей на всю допустимую глубину – при высокой скорости автотранспортное средство может выскакивать из неровности, не успевая сколь-нибудь глубоко в нее погрузиться.

Оценим относительный объем этой работы. Пусть в среднем колесо на участке длиной  $2T = 1/N_{\text{неров}}$  погружается на величину  $h$ , где  $N_{\text{неров}}$  – среднее количество неровностей на одном метре продольного сечения дорожного полотна. Тогда на участке длиной  $l$  ПТС в среднем  $l/(2T)$  раз будет опускаться на глубину  $h$  и подниматься на высоту  $h$ , совершая при этом работу величиной  $A = (l/(2T)) Ph$ , где  $P$  – вес ПТС с грузом. Зная величину расхода горючего  $V_{\text{гор}}$  на 1 км для данного ПТС с грузом и стоимость  $c_{\text{гор}} l$  горючего, получаем следующей выражение для функции  $f_1(x)$ , где  $x = (a; T)$ ,  $a$  – средняя глубина каждой отдельной неровности:

$$f_1(x) = f_1(a; T) = A \cdot V_{\text{гор}} \cdot c_{\text{гор}} = V_{\text{гор}} \cdot c_{\text{гор}} \cdot l \cdot P \cdot \frac{h}{2T} \quad (3)$$

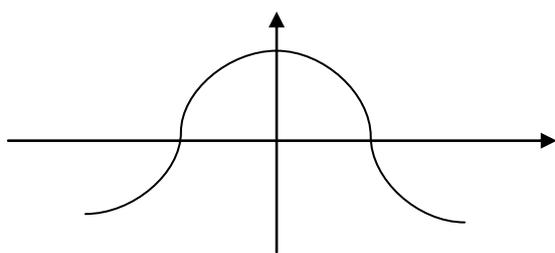


Рис. 1. Общий вид неровности

Таким образом, для того, чтобы получить выражение для  $f_1(x)$ , на основе которого могли бы вычисляться ее значения, необходимо найти зависимость от  $x$  глубины  $h$  погружения колеса в неровность длиной  $2T$ .

Для простоты будем считать, что функция  $y = f(x)$ , описывающая вертикальный профиль неровности, является симметричной относительно вертикальной оси (см. рис. 1). Пусть колесо погружается в неровность на глубину  $h$ , причем выполнено неравенство  $h \geq -a$  (см. рис. 2). Тогда сила реакции  $R$  уравновешивает силу упругости колес ПТС. По закону Гука для элемента поверхности  $[x; x + dx)$





Ввиду симметричности функции  $f(x)$ , откуда получаем:

$$\int_0^r (f(x) - a + h + \sqrt{R^2 - x^2} - \sqrt{R^2 - r^2}) dx = \frac{T \cdot p}{k_{\text{упр}}}$$

или после интегрирования

$$\int_0^r f(x) dx - (a - h + \sqrt{R^2 - r^2})r + \frac{1}{2} r \sqrt{R^2 - r^2} + \frac{R^2}{2} \arcsin\left(\frac{r}{R}\right) = \frac{T \cdot p}{k_{\text{упр}}}$$

Последнее соотношение можно переписать в виде:

$$\int_0^r f(x) dx - (a - h + \sqrt{R^2 - r^2})r + \frac{1}{2} r \sqrt{R^2 - r^2} + \frac{R^2}{2} \arcsin\left(\frac{r}{R}\right) = \frac{T \cdot p}{k_{\text{упр}}} \quad (5)$$

Соотношение (5) совместно с равенством  $f(r) = a - h$  дает систему из двух уравнений для нахождения двух переменных  $r$  и  $h$ .

В частности, если поверхность без неровностей (совершенно ровная), то это означает, что  $f(x) = 0$  для всех  $x$ ,  $a = 0$ ,  $h = 0$ ; тогда второе соотношение  $f(r) = a - h$  превращается в тождество  $0 = 0$ , соотношение (5) принимает вид:

$$\frac{R^2}{2} \arcsin\left(\frac{r}{R}\right) - \frac{1}{2} r \sqrt{R^2 - r^2} = \frac{T \cdot p}{k_{\text{упр}}}, \quad (6)$$

из которого находится  $r$ ; при этом величина  $2r$  есть длина зоны соприкасания колеса с дорожным покрытием в результате упругой деформации под тяжестью ПТС части поверхности колеса с дорожным покрытием.

Так как на промежутке  $[0; T)$  функция  $y = f(x)$  монотонна (точнее убывает), то существует обратная функция  $x = \varphi(y)$ . Тогда, поскольку  $f(r) = OE = a - h$ , то  $r = \varphi(a - h)$ , и последнее соотношение, после замены переменных в интеграле  $x = \varphi(y)$ , можно переписать в виде

$$\int_0^{\varphi(a-h)} f(x) dx - \left( a - h + \frac{1}{2} \sqrt{R^2 - \varphi(a-h)^2} \right) \varphi(a-h) + \frac{R^2}{2} \arcsin\left(\frac{\varphi(a-h)}{R}\right) = \frac{T \cdot p}{k_{\text{упр}}} \quad (7)$$

В качестве примера функции  $f(x)$  можно взять функцию  $f(x) = \frac{ab^2}{x^2 + b^2}$ .

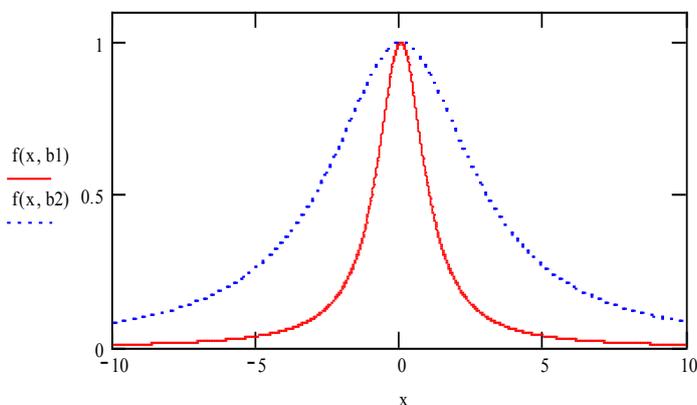


Рис.3. График функции  $f(x) = \frac{ab^2}{x^2 + b^2}$  при  $b = 1$  (сплошная линия) и  $b = 3$  (пунктирная линия);  $a = 1$ .

График функции приведен на рис. 3. Укажем,  $f(0) = a$ , и  $f(\pm b) = \frac{a}{2}$ , то есть параметр  $b$  указывает на значение, при котором значение функции уменьшается вдвое. Поэтому, чем больше величина  $b$ , тем функция  $f(x)$  является более «покатой», и наоборот, чем меньше  $b$ , тем  $f(x)$  является более остроконечной. При данном предположении параметры  $r$  и  $h$ , ввиду (4), (6) и (7), находятся как решения системы

$$\begin{cases} ab \cdot \operatorname{arctg}\left(\frac{r}{b}\right) - a + h - \sqrt{R^2 - r^2} r + \frac{R^2}{2} \arcsin\left(\frac{r}{R}\right) = \frac{T \cdot p}{k_{\text{упр}}} \\ \frac{ab^2}{(a-h)^2 + b^2} = r \end{cases} \quad (8)$$

Таким образом, функция  $f_1(a; T)$ , ввиду (3), находится по формуле  $f_1(a; T) = V_{\text{гор}} \cdot c_{\text{гор}} \cdot l \cdot P \cdot \frac{h}{2T}$ , где  $h$  находится на основе решения системы (8).

Параметрами функции  $f_1(\cdot)$  являются:  $V_{\text{гор}}$ ,  $c_{\text{гор}}$ ,  $l$ ,  $P$ ,  $R$ ,  $b$ .

Анализ остальных функций будет проведен автором в последующих работах.



## Литература

1. Дмитриев А.В. Управление транспортными системами: Учебное пособие. - СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2010. – 96с.
2. Витвицкий Е. Е., Юрьева Н. И. Практика оперативного планирования затрат на перевозку грузов в городах Вестник СибАДИ, выпуск 6 (28), 2012, с.18 -24.
3. Алесинская Т.В. Основы логистики. Функциональные области логистического управления. Часть 3. Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2010. – 116 с.
4. Кристофер М. Логистика и управление цепочками поставок/ М. Кристофер.пер. с англ. - СПб.: Питер, 2004. 316 с.
5. Ходанова С. Инновационные ГЛОНАСС/GPS# решения для транспортной инфраструктуры. - Т-Comm - Телекоммуникации и Транспорт, Спец.выпуск ИТС, 2009, с. 10-12. Научная библиотека КиберЛенинка: URL:[cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnye-glonass-gps-resheniya-dlya-transportnoy-infrastruktury-rossii#ixzz3rpJpztqH](http://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnye-glonass-gps-resheniya-dlya-transportnoy-infrastruktury-rossii#ixzz3rpJpztqH).
6. Программы для транспортных компаний. URL:[livebusiness.ru/tools/transport](http://livebusiness.ru/tools/transport).
7. Елисеева Т.А., Плахотникова Е.В., Соловьёв С.И. Анализ рисков принятия управленческих решений при использовании экспертных методов оценки надежности // Инженерный вестник Дона, 2016, №3 URL:[ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2016/3681](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2016/3681).
8. Davis W.S. Cost/benefit analysis, in: W.S. Davis, D.C. Yen (Eds.), The Information System Consultant's Handbook: Systems Analysis and Design, CRC Press, Boca Raton, FL, 1999, pp. 293 – 301.



9. Ажмухамедов И.М., Выборнова О.Н. Формализация понятий приемлемого и толерантного риска // Инженерный вестник Дона, 2015, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3240.

10. Schanz, T., Vermeer, P.A., Bonnier, P.G., (1999). The Hardening-Soil model: Formulation and verification. In: R.B.J. Brinkgreve, Beyond 2000 in Computational Geotechnics. Balkema, Rotterdam: pp.281-290.

11. Дорохов А.Ф., Магомадов Р.С. Математическая модель процесса использования подъемно-транспортных машин на объекте строительства. Вестник АГТУ. Серия: управление, вычислительная техника и информатика. 2016. № 2, с. 81-91.

12. Магомадов Р.С. Системный анализ факторов, определяющих эффективность региональных грузовых перевозок в сфере строительства. – г. Астрахань, Прикаспийский журнал: Управление и высокие технологии. 2014, №3, с. 67-79.

### References

1. Dmitriev A.V. Upravlenie transportnymi sistemami: [Driving systems' management] Uchebnoe posobie. SPb.: Izd-vo SPBGUJeF, 2010. 96 p.

2. Vitvickij E. E., Jur'eva N. I. Vestnik SibADI, vypusk 6 (28), 2012. pp.18 - 24.

3. Alesinskaja T.V. Osnovy logistiki. Funkcional'nye oblasti logisticheskogo upravlenija. [Fundamentals of Logistics. Functional areas of logistics management] Chast' 3. Taganrog: Izd-vo TTI JuFU, 2010. 116 p.

4. Kristofer M. Logistika i upravlenie cepochkami postavok. [Logistics and Supply Chain Management] M. Kristofer.per. s angl. Spb.: Piter, 2004. 316 p.

5. Hodanova S. Innovacionnye. T-Comm, Spec.vypusk ITS, 2009, pp.10-12. Nauchnaja biblioteka KiberLeninka: URL: cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnye-ghonass-gps-resheniya-dlya-transportnoy-infrastruktury-rossii#ixzz3rpJpztqH

---



6. Programmy dlja transportnyh kompanij. URL: [livebusiness.ru/tools/transport](http://livebusiness.ru/tools/transport).
7. Eliseeva T.A., Plahotnikova E.V., Solov'jov S.I. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2016, №3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2016/3681](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2016/3681).
8. Davis W.S. Cost/benefit analysis, in: W.S. Davis, D.C. Yen (Eds.), The Information System Consultant's Handbook: Systems Analysis and Design, CRC Press, Boca Raton, FL, 1999, pp. 293 – 301.
9. Azhmuamedov I.M., Vybornova O.N. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2015, №3 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3240](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3240).
10. Schanz, T., Vermeer, P.A., Bonnier, P.G., (1999). The Hardening-Soil model: Formulation and verification. In: R.B.J. Brinkgreve, Deyond 2000 in Computational Geotechnics. Balkema, Rot-terdam: pp.281-290
11. Dorohov A.F., Magomadov R.S. Vestnik AGTU. Serija: upravlenie, vychislitel'naja tehnika i informatika. 2016. №2, pp. 81-91.
12. Magomadov R.S. Astrahan', Prikaspijskij zhurnal: Upravlenie i vysokie tehnologii. 2014, №3, pp. 67-79.