



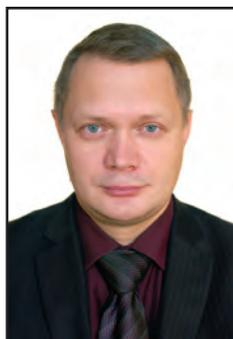
Дистанционная оценка процесса перевозок автомобильным транспортом



Надежда ФИЛИППОВА



Роман ЗАИКИН



Дмитрий ЕФИМЕНКО

Филиппова Надежда Анатольевна – Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва, Россия.

Заикин Роман Николаевич – Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва, Россия.

Ефименко Дмитрий Борисович – Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва, Россия*.

Статья посвящена разработке алгоритма принятия решений при осуществлении перевозки грузов автомобильным транспортом на основе метода оперативной дистанционной оценки состояния груза и транспортного процесса без участия человека. Разработка алгоритма базируется на применении средств транспортной телематики и экспериментальном исследовании, целью которого являлось описание возможностей навигационных блоков для фиксирования ускорений, возникающих во время движения транспортного средства.

Разработанная методика позволяет в автоматическом режиме принимать решения, направленные на экономию ресурсов. В статье описаны этапы оперативной дистанционной оценки состояния груза, а также алгоритм принятия решений на основе полученной информации.

Описана схема информационного взаимодействия участников процесса перевозки грузов, в которой обозначен аналитический центр, задачей которого является расчёт силы, действующей на груз, и сопоставление рассчитанной силы с прочностными характеристиками материала, из которого изготовлен груз.

Описана задача доставки грузов в несколько пунктов. Для визуализации ситуационной задачи был построен маршрут доставки грузов, на примере которого проводилось сравнение плановых показателей с фактическими, скорректированными при помощи аналитического центра.

Данная статья описывает перспективы применения средств транспортной телематики, заключающиеся в повышении эффективности контроля безопасности груза во время перевозки.

Ключевые слова: транспорт, автомобильный транспорт, транспортная телематика, оценка, состояние, груз, транспортировка, экономия, ресурсы.

*Информация об авторах:

Филиппова Надежда Анатольевна – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных перевозок Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), Москва, Россия, shmen@bk.ru.

Заикин Роман Николаевич – старший преподаватель кафедры правового и таможенного регулирования Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), Москва, Россия, td@madi.ru.

Ефименко Дмитрий Борисович – доктор технических наук, профессор, доцент кафедры правового и таможенного регулирования Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), Москва, Россия, ed2002@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 10.01.2019, актуализирована 13.07.2019, принята к публикации 18.11.2019.

For the English text of the article please see p. 265.

Использование современных технологий и средств транспортной телематики позволяет получать информацию, которую можно применять для разных целей, в том числе для повышения качества грузовых автомобильных перевозок. Перевозка готовой продукции является завершающим звеном цепи поставок, поэтому данный этап можно назвать самым важным и ответственным [1, с. 152]. При совершении доставки готовой продукции нередко случаются повреждения грузов по причине непредвиденных дорожных ситуаций, провоцирующих водителей совершать резкие манёвры.

На сегодняшний день не существует единой методологии принятия решений на основе оперативного дистанционного контроля процесса перевозки и состояния груза [2]. Следствием такого положения дел является перерасход ресурсов. Испорченный груз направляется до пункта назначения, и только там можно выявить повреждения, полученные за время транспортировки. Более рациональным представляется вариант, при котором происходит быстрое выявление повреждений и автоматическое принятие решения о перенаправлении транспортного средства в следующий пункт, груз для которого находится в надлежащем состоянии. Для решения данной проблемы необходим механизм предварительной оценки состояния груза, который позволит в режиме реального времени принимать решения, направленные на экономию ресурсов. Разработка такого механизма возможна на базе технологий и средств транспортной телематики,

обладающей необходимым функционалом в виде сбора и передачи информации о параметрах транспортного процесса.

ЦЕЛИ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для совершенствования процесса грузовых автомобильных перевозок была выдвинута гипотеза о возможности оперативного анализа динамических параметров движения автомобиля с целью оценки влияния возникающих ускорений на сохранность грузов. Данная статья базируется на экспериментальном исследовании, целью которого являлось описание возможностей навигационных блоков для выявления скрытого потенциала, заключающегося в возможности фиксации ускорений, возникающих во время движения транспортного средства.

В качестве эксперимента было проведено моделирование дорожно-транспортного происшествия на специализированном динамическом стенде. На платформу был закреплён навигационно-связной блок, платформа ускорялась, далее ударялась о препятствие, после чего акселерометр фиксировал возникающие при ударе ускорения по трём осям координат. Завершая процесс, навигационно-связной блок передавал информацию о динамических параметрах происшествия в базу данных. В результате эксперимента в базу данных поступала информация, итоговое отображение которой представлено на рис. 1. Данная отчётность может быть доступна для широкого круга пользователей, поскольку эксперимент подтвердил возможность передачи информации в режиме

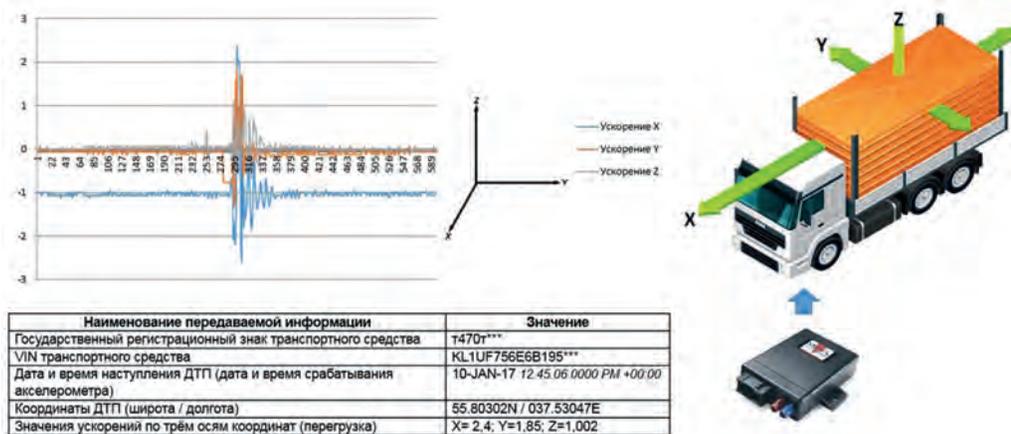
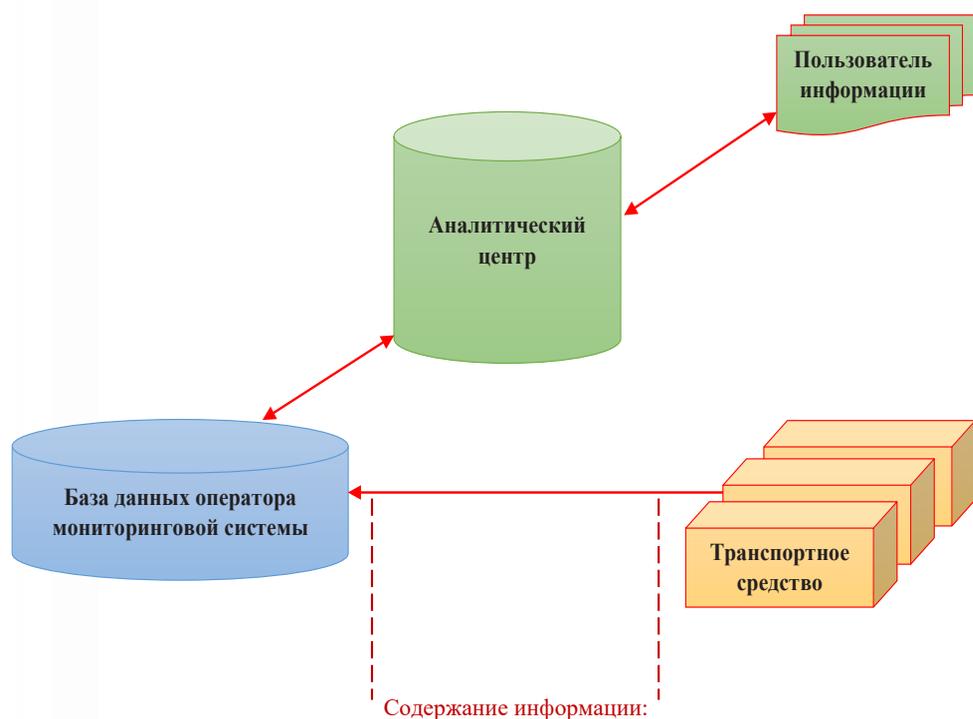


Рис. 1. Фиксирование ускорений, действующих на груз во время перевозки.



- Государственный регистрационный знак транспортного средства.
- VIN транспортного средства.
- Дата и время наступления ДТП (дата и время срабатывания акселерометра).
- Координаты ДТП (широта / долгота).
- Значения ускорений в трёх плоскостях системы координат (x; y; z).

Рис. 2. Схема информационного обмена.

реального времени в указанную базу данных.

ОПИСАНИЕ ПРЕДЛАГАЕМОГО МЕТОДА ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ГРУЗА И ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕССА

Помимо стандартных функций, связанных с мониторингом местоположения транспортного средства и его скорости, в навигационно-связной блок встроены акселерометр, способный фиксировать ускорения, информирующие о динамических параметрах транспортировки [3] (рис. 1).

Зачастую информация об ускорениях, возникающих в трёх плоскостях системы координат, не находит применения, но имеет огромный потенциал, связанный с контролем динамических параметров

передвижения транспортного средства. Обособленное существование этих данных не представляет значимого интереса, поскольку в логистике не встречается точного, понятного и обоснованного числового определения словосочетаний – «состояние груза» или «повреждение груза». Если учесть тот факт, что приёмка груза часто осуществляется на основе визуального осмотра транспортной тары, то имеющиеся данные могут быть достаточно для тестового применения методики, о которой пойдёт речь далее [2].

ОПИСАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТОДА ОПЕРАТИВНОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ГРУЗА И ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕССА

Предлагаемый метод оценки состояния груза и транспортного процесса при по-

Сопоставление рассчитанного значения действующей силы инерции с нормативной, справочной силой упругости материала (пример)

№	Материал, из которого выполнен груз	Наименование показателя физико-механического свойства материала	Рассчитанное значение действующей силы инерции $F_{и*}$	Нормативное значение силы упругости материала $F_{упр**}$
1	Стекло	Предел прочности (МПа)	21 МПа	15 МПа

* Текущие параметры (рассчитанное значение действующей в момент перевозки силы инерции) $F_{и}$ ($F_{и} = m \cdot a$, где $F_{и}$ – сила инерции; m – масса груза; a – ускорение).

** Нормативные параметры (справочное значение) $F_{упр}$, силы упругости (силы, возникающей в теле в результате его деформации и стремящейся вернуть его в исходное (начальное) состояние).

мощи телематики имеет форму анализа информации, полученной от навигационно-связного блока, и сопоставления полученной информации со справочными значениями прочностных характеристик материалов, из которых выполнен груз. Метод оперативной оценки состояния груза базируется на двух элементах:

1. Фиксирование ускорений (сил инерции), действующих на груз во время перевозки (осуществляет навигационно-связной блок, установленный в автомобиль) (рис. 1), и передача информации (рис. 2).

2. Анализ соответствия текущих параметров движения нормативным, основанным на физико-механических свойствах перевозимых грузов (осуществляет аналитический центр).

Зафиксированная действующая сила инерции сравнивается со справочным значением физико-механического свойства материала (табл. 1).

Оценка состояния груза осуществляется на основе сравнения силы инерции, возникающей во время движения транспортного средства с силой упругости материала. В этой связи при условии превышения силы инерции над силой, стремящейся вернуть телу исходное состояние, будет наблюдаться деформация материала, т.е. условием разрушения материала является: $F_{и} > F_{упр}$.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ПЕРЕВОЗКИ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ В ЦЕПИ ПОСТАВКИ

Необходимо доставить груз со склада на n объектов, последовательно (в порядке

возрастания их номеров) расположенных на заранее установленном маршруте. В процессе движения груз массой $m(j)$, $j = 2, \dots, n$, предназначенный для j -го объекта, может повредиться. И водителю транспорта желательно об этом узнать своевременно, чтобы вовремя скорректировать маршрут и не заезжать на указанный объект, экономя при этом как расходы на топливо, так и время доставки груза на остальные объекты. Если повреждение связано с перегрузками, вызванными резким торможением, то помочь водителю выявить испорченные грузы может навигационно-связной блок, установленный на автомобиле.

Предварительно, перед выездом для каждого i -ого участка маршрута, $i = 1, 2, \dots, n-1$, связывающего соседние объекты $j = i + 1, \dots, n$, составляется i -карта предельных ускорений $A_{\lim(i,j)}$. В основу расчётов положены следующие соображения:

- грузы в полуприцепе машины располагают последовательно, так, что ближе к кабине водителя должны находиться изделия с большими номерами (номера грузов соответствуют номерам объектов), а ближе к заднему борту – грузы с меньшими номерами;

- на i -ом прогоне, $i = 1, \dots, n-1$, при резком торможении с ускорением $a(i)$ на j -й груз $m(j)$, $j = i + 1, \dots, n$, действует результирующая сила инерции всех предшествующих грузов, определяемая по формуле:

$$F_{in(i,j)} = a(i) \cdot \sum_k m(k), \quad k = i, \dots, j-1; \quad (1)$$

- повреждение груза происходит, если эта сила инерции $F_{in(i,j)}$, действующая на j -й груз, оказывается больше силы упругости $F_{elas(j)}$ этого груза:

$$F_{in(i,j)} > F_{elas(j)}. \quad (2)$$



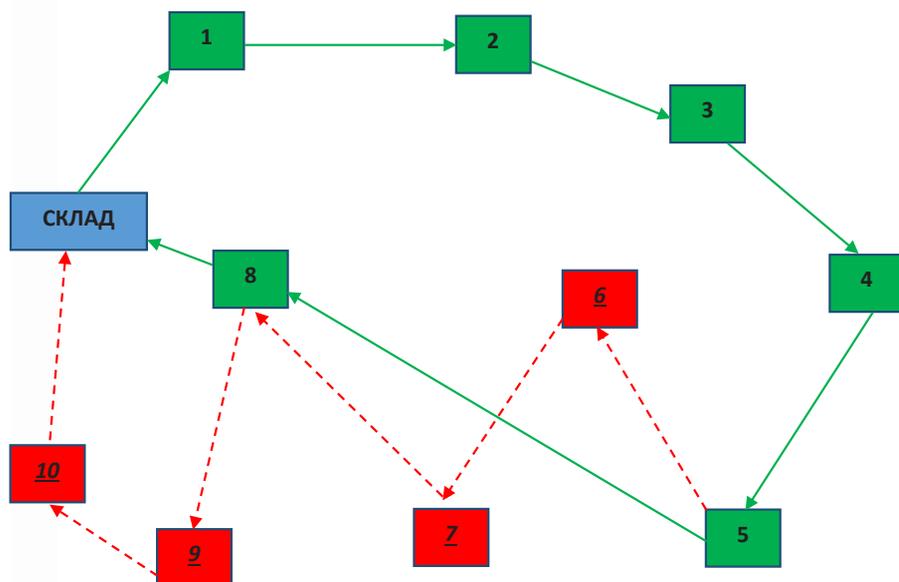


Рис. 3. Схема поставки готовой продукции.

Сопоставляя соотношения (1) и (2), нетрудно определить предельные ускорения $A_{\lim(i,j)}$, превышение которых на i -ом этапе маршрута приведёт к повреждению j -го груза:

$$A_{\lim(i,j)} = \frac{E_{\text{elas}}(j)}{\sum_k m(k)}, k = i, \dots, j - 1; i = 1, \dots, n, j = i + 1, \dots, n. \quad (3)$$

Примечание. Формула (3), определяющая предельно допустимые ускорения торможения $A_{\lim(i,j)}$, получена при довольно-таки «жестком» расположении грузов в контейнере автотранспорта. А потому на практике эти предельно допустимые ускорения могут оказаться и больше. И, следовательно, величины, определяемые формулой (3), можно увеличить приблизительно на 10–15 процентов.

На $(n-1)$ картах участка маршрута цепи поставки, выдаваемых водителю, $i = 1, \dots, n-1$, определённые по формуле (3) предельные ускорения $A_{\lim(i,j)}$ располагают в возрастающем порядке с указанием номеров грузов, выходящих из строя при превышении соответствующего ускорения:

$$A_{\lim(i, j \cdot (1))} \leq A_{\lim(i, j \cdot (2))} \leq \dots \leq A_{\lim(i, j \cdot (n-i))}, i = 1, \dots, n-1, j \cdot (1), j \cdot (2), \dots, j \cdot (n-i).$$

В действительности желательно доставить все грузы по объектам без каких-либо повреждений, не превышая на каждом из этапов минимальное ускорение торможе-

ния, определённое заранее и указанное в соответствующей этапу карте ускорений. Если же какой-то груз всё-таки оказывается повреждённым, то по прибытии транспорта на объект после выгрузки требуемого сохранившегося груза машину освобождают и от повреждённого груза, правда лишь, при условии, что к нему имеется доступ. В противном случае транспорт направляется к следующему объекту с повреждённым грузом. Более подробно действия водителя и грузчиков в той или иной ситуации рассматриваются на конкретном примере.

Алгоритм позволяет построить карты предельных ускорений для любого количества маршрутов к объектам n , произвольных допустимых масс грузов $m(j)$ и соответствующих сил упругости $F_{\text{elas}(j)}$ этих грузов.

ОПИСАНИЕ СИТУАЦИОННОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ

Ситуационная задача представляет собой описание процесса доставки грузов со склада на 10 объектов, последовательно расположенных на заранее установленном маршруте (рис. 3). Для анализа соответствия текущих параметров движения нормативным была запланирована карта предельно допустимых ускорений для участков маршрута (рис. 4).

*Cards=[1. *****

g max	0.0446	0.0599	0.0800	0.0800	0.0820	0.1056	0.1731	0.2000	1.4000
№ гр.	<u>9</u>	<u>10</u>	5	6	7	8	4	3	2

2. *****

0	0	0.0476	0.0637	0.0889	0.0893	0.0923	0.1136	0.2143	0.3000
0	0	9	10	<u>6</u>	<u>7</u>	5	8	4	3

3. *****

0	0	0	0.0551	0.0730	0.1087	0.1143	0.1333	0.1339	0.4091
0	0	0	9	10	7	6	5	8	4

4. *****

0	0	0	0	0.0667	0.0870	0.1429	0.1667	0.1667	0.2609
0	0	0	0	9	10	7	6	8	5

5. *****

0	0	0	0	0	0.0854	0.1087	0.2128	0.2239	0.3200
0	0	0	0	0	9	10	7	8	6

6. *****

0	0	0	0	0	0	0.1228	0.1493	0.3571	0.4545
0	0	0	0	0	0	9	10	8	7

7. *****

0	0	0	0	0	0	0	0.2000	0.2222	0.7500
0	0	0	0	0	0	0	9	10	8

8. *****

0	0	0	0	0	0	0	0	0.4000	0.4667
0	0	0	0	0	0	0	0	10	9

9. *****

0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	10];

Рис. 4. Карта предельных ускорений для участков цепи поставки готовой продукции.

РАСЧЁТНЫЕ ДАННЫЕ СИТУАЦИОННОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ:

- $n = 10$ – количество этапов процесса (общее количество пунктов доставки);
- $m = [10; 20; 22; 23; 25; 22; 20; 15; 10; 5]$ – строка поэтапных масс поставляемых грузов;
- $F_{elas} = [5; 14; 6; 9; 6; 8; 10; 15; 7; 10]$ – строка сил упругости перевозимых грузов;
- A_{br} = зафиксированное прибором ускорение.

Предположим, что на первом этапе ускорение торможения в какой-то момент времени оказалось равным $A_{br} = 0,06$ g. Как следует из запланированной карты ускорений 1 (*Cards = [1; рис. 3]), соответствующей первому участку маршрута, подобное ускорение приводит к повреждению грузов с номерами 9 и 10. Поскольку они оказываются загороженными предшествующими грузами 2–8, то водитель со всеми оставшимися грузами направляется ко второму

объекту. Однако, при этом на карте ускорений 2, соответствующей второму этапу маршрута, на ускорения, приводящие к повреждению уже списанных грузов, внимания не обращает. Предположим теперь, что и на втором этапе пришлось резко тормозить, доведя ускорение торможения до величины $A_{br} = 0,09$ g. Это привело к повреждению грузов с номерами 6 и 7. Они также оказываются в глубине контейнера, а по тому, как и в предыдущем случае, после разгрузки на втором объекте водитель направляется к третьему со всеми повреждёнными грузами, не обращая внимания при этом на ускорения карты 3, приводящие к повреждению этих грузов. Далее полагаем, что последовательный переезд к пятому объекту проходит без осложнений. И уже на этом объекте можно, наконец-то, освободиться от повреждённых грузов 6 и 7. От пятого объекта водитель направляется к восьмому объекту, ориентируясь на карту ускорений 8 (есте-



ственно, что при этом на ускорения, приводящие к повреждению грузов 9 и 10, он не обращает никакого внимания). И как следует из этой карты, на восьмом этапе нет уже никаких ограничений, нарушения которых приводили бы к повреждению груза 8. Завершив разгрузку, водитель отправляется на базу.

На карте предельных ускорений отображены пункты доставки, грузы для которых были повреждены во время перевозки (рис. 4).

На схеме поставки готовой продукции (рис. 3) пунктиром отмечены те маршруты, которые утратили актуальность в связи с предварительно выявленными повреждениями грузов, предназначенных для 6, 7, 9 и 10 пунктов разгрузки.

При сравнении плановых показателей с фактическими наблюдается сокращение издержек:

- *плановое* количество точек доставки готовой продукции: 10;
- *фактическое* количество точек доставки готовой продукции: 6;
- *плановое* количество маршрутов доставки готовой продукции: 11;
- *фактическое* количество маршрутов доставки готовой продукции: 7;
- *сокращение издержек* (сокращение протяженности маршрута): 36 %.

Таким образом, совершенствование оценки состояния груза при осуществлении автомобильных перевозок на указанном ситуационном примере является целесообразным, поскольку позволяет сократить издержки при осуществлении доставки готовой продукции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемый метод может иметь спрос, поскольку в анализе состояния груза заинтересован широкий круг пользователей, среди которых таможенные органы, которым данная информация необходима для совершенствования оперативных действий [4]. Для транспортных компаний польза будет заключаться в возможности мониторинга безопасности перевозочного процесса для поддержания конкурентоспособности, заключающейся в снижении риска порчи груза [5]. Страховым компаниям метод позволит быстро получать необходимую для экспертизы

информацию о параметрах движения автомобиля с целью подтверждения факта наступления ДТП, а также информацию о повреждении груза, что позволит минимизировать риск финансовых потерь, связанных с мошенническими действиями [6]. Кроме того, метод может являться фундаментом для совершенствования процедуры оформления страховых случаев и создания эффективных механизмов по разрешению разногласий между участниками договора страхования [7]. Потребители транспортных услуг смогут иметь представление о том, насколько качественно транспортные компании оказывают сервис, чтобы в дальнейшем выбрать наиболее подходящую и безопасную компанию [8; 9].

ЛИТЕРАТУРА

1. Филиппова Н. А., Ефименко Д. Б., Ледовский А. А. Обеспечение эффективности транспортных процессов в районах Крайнего Севера // Мир транспорта. – 2018. – № 4. – С. 150–159.
2. Заикин Р. Н. Повышение эффективности контроля сохранности груза во время международных автомобильных перевозок // Вестник транспорта. – 2017. – № 8. – С. 38–40.
3. Ефименко Д. Б., Филатов С. А., Сергеев С. В., Васильев Р. В. Совершенствование информационного обеспечения процессов управления грузовыми перевозками автомобильным транспортом // В мире научных открытий. – 2015. – № 6. – С. 261–269.
4. Заикин Р. Н., Савченко-Бельский К. А., Родительская Е. В., Филатов С. А. Применение средств транспортной телематики для повышения эффективности контроля безопасности груза во время международных автомобильных перевозок // Вестник транспорта. – 2017. – № 2. – С. 109–114.
5. Мельников С. Е., Аноприева Г. С., Мельникова Т. Е., Паршина Д. И. Использование технических средств как эффективный способ повышения объективности при рассмотрении дел о нарушении ПДД РФ // Автотранспортное предприятие. – 2016. – № 1. – С. 14–16.
6. Терентьев А. В., Ефименко Д. Б., Карелина М. Ю. Методы районирования как методы оптимизации автотранспортных процессов // Вестник гражданских инженеров. – 2017. – № 6. – С. 291–294.
7. Ефименко Д. Б., Заикин Р. Н., Филатов С. А. Развитие систем логистического мониторинга международного товародвижения и цифровой инфраструктуры продвижения грузопотоков. Прогресс транспортных средств и систем-2018. Материалы международной научно-практ. конференции / Под ред. И. А. Каляева, Ф. Л. Черноусько, В. М. Приходько. – 2018. – С. 231–232.
8. Мельникова Т. Е., Мельников С. Е., Зуев С. А. Проблемы контроля экспортно-импортных операций при международных автоперевозках грузов // Автотранспортное предприятие. – 2016. – № 11. – С. 6–8.
9. Мельникова Т. Е., Мельников С. Е. Проблемы применения тахографов как средства технического контроля за грузовыми автоперевозками // Вестник транспорта. – 2017. – № 8. – С. 30–31. ●