

**МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ УЧЕТА ВОЗДЕЙСТВИЯ  
ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА  
НА КОНСТРУКЦИИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД**

Канд. техн. наук, доцент **А.С. Конорев**,  
инженер **В.А. Думенко**  
(ФАУ «РОСДОРНИИ»),  
канд. техн. наук **О.В. Конорева**  
(Донской государственной  
технической университет (ДГТУ))  
Конт. информация: [konorev@rosdornii.ru](mailto:konorev@rosdornii.ru)

*В статье приведены способы обработки и анализа данных о грузовом транспортном потоке в целях проектирования дорожных одежд и оценки их остаточного ресурса. В основу исследований положена информация с автоматических пунктов весового и габаритного контроля (АПВГК), расположенных в различных регионах Российской Федерации и установленных на дорогах разных категорий, рассчитанных под разную расчетную нагрузку. Авторами предлагается закрепить классификацию транспортных средств в соответствии с Порядком осуществления весового и габаритного контроля в качестве основного, ввиду наиболее детальной дифференциации транспортных средств по их типам. Помимо этого, рекомендуется ввести определенный порядок обобщения данных о транспортном потоке за большой период времени для упрощения алгоритма расчетов коэффициентов приведения, уникальных для каждого участка дороги. В качестве примера были рассчитаны коэффициенты приведения к расчетным нагрузкам с помощью обработки данных с более чем 20 АПВГК.*

**Ключевые слова:** транспортный поток, транспортное средство, коэффициент приведения, коэффициент динамичности.

В настоящее время дорожная отрасль претерпевает существенные изменения, что требует от каждого специалиста постановки ряда новых задач. Запрос на совершенствование методик проектирования, методов строительства и способов ремонта обусловлен совокупным влиянием нескольких факторов. Одним из таких факторов является межремонтный срок службы автомобильных дорог федерального значения, который увеличился по капитальному ремонту до 24 лет с введением Постановления Правительства Российской Федерации от 30.05.2017 № 658 [1]. При этом ключевым фактором, влияющим на разрушение

дорожных одежд, является воздействие транспортных средств в различные климатические периоды. Необходимо отметить значительные изменения характеристик транспортного потока, произошедшие за последние несколько десятков лет, а именно усиленный рост интенсивности движения, наряду с увеличением в составе потока доли тяжеловесных транспортных средств. Особое внимание следует обратить на то, что используемые в настоящее время методики учета характеристик потока уже с меньшей эффективностью позволяют осуществлять решение задач проектирования дорожных одежд.

В соответствии с Приказом Минтранса России от 29.03.2018 № 119 [2] автоматические пункты весового и габаритного контроля (АПВГК) должны обеспечивать измерения, относящиеся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, выполняемые при осуществлении весогабаритного контроля транспортных средств, и обязательных метрологических требований к ним, в том числе показателей точности измерений:

- измерение нагрузки на ось транспортного средства в динамике при скорости движения от 20 до 140 (включительно) км/ч;
- измерение нагрузки на группу осей транспортного средства
- измерение массы транспортного средства;
- измерение габаритов транспортного средства в динамике по параметрам: ширина, длина, высота;
- измерение межосевых расстояний транспортного средства;
- определение количества колес (скатности) на осях транспортного средства.

Таким образом, при определении указанных данных для каждого транспортного средства, проехавшего через АПВГК, выделена одна строка. Путем несложных расчетов можно посчитать, что при интенсивности движения в 10000 авт./сут. автомобильной дороги I категории файл данных за годовой период времени будет содержать не менее 3 650 000 строк для каждого отдельного АПВГК. Примерный вид данных, которые можно в настоящее время получить с АПВГК, приведен в **табл. 1**.

Данный вид представления данных сложен для анализа и последующей обработки. Для упрощения учета характеристик транспортного потока и для задач проектирования были предложены формы учета движения, основанные на классификации Приказа Минтранса России от 29 марта 2018 г. № 119. Одна из рекомендуемых форм представления АПВГК данных о транспортном потоке представлена в **табл. 2**.

Таблица 1

## Вид данных, полученных с АПВГК на дорогах регионального значения

Название столбца	Местное время и дата	Наименование пункта	Класс транспортного средства	Скорость движения	Общая масса	Число осей	Межосевое расстояние	Нагрузка на левое колесо	Нагрузка на правое колесо	Скатность колес	Высота транспортного средства	Ширина транспортного средства	Длина транспортного средства
Номера столбцов	1	2	3	4	5	6	7-17	18-29	30-41	42-53	54	55	56
Единицы измерения	-	-	-	км/ч	кг	-	см	кг	кг	-	см	см	см
Комментарий	Указывается время и дата проезда транспортного средства	Указывается наименование пункта	Класс транспортного средства назначается в соответствии с Приказом [2]	Диапазон значений лежит в пределах от 20 до 140 км/ч	Указывается общая масса	Указывается число осей	Межосевое расстояние указывается в отдельных столбцах по каждому просвету (1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 6-7, 7-8, 8-9, 9-10, 10-11, 11-12)	Нагрузка на левое колесо указывается в отдельных столбцах по колесу каждой оси (1,2,3,4,5, 6,7,8,9, 10,11,12)	Нагрузка на правое колесо указывается в отдельных столбцах по колесу каждой оси (1,2,3,4,5, 6,7,8,9, 10,11,12)	Скатность колес указывается в отдельных столбцах по колесам каждой оси (1,2,3,4,5, 6,7,8,9, 10,11,12)	Указывается высота транспортного средства	Указывается ширина транспортного средства	Указывается ширина транспортного средства

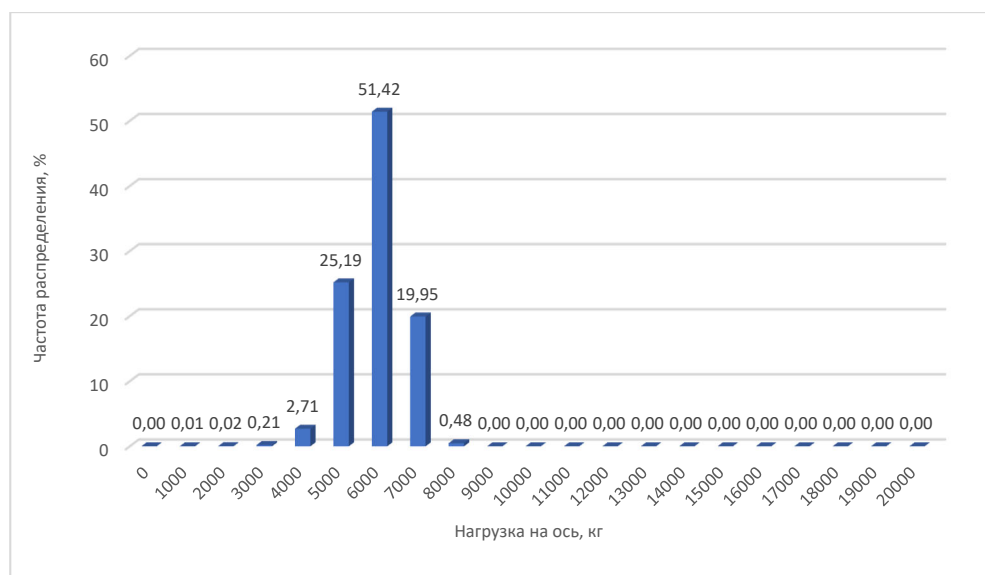
Таблица 2

*Рекомендуемая форма предоставления данных о нагрузках на одиночные оси (группу с 2, 3 и 4 и более осями) транспортных средств автоматическими пунктами весового и габаритного контроля (АПВГК)*

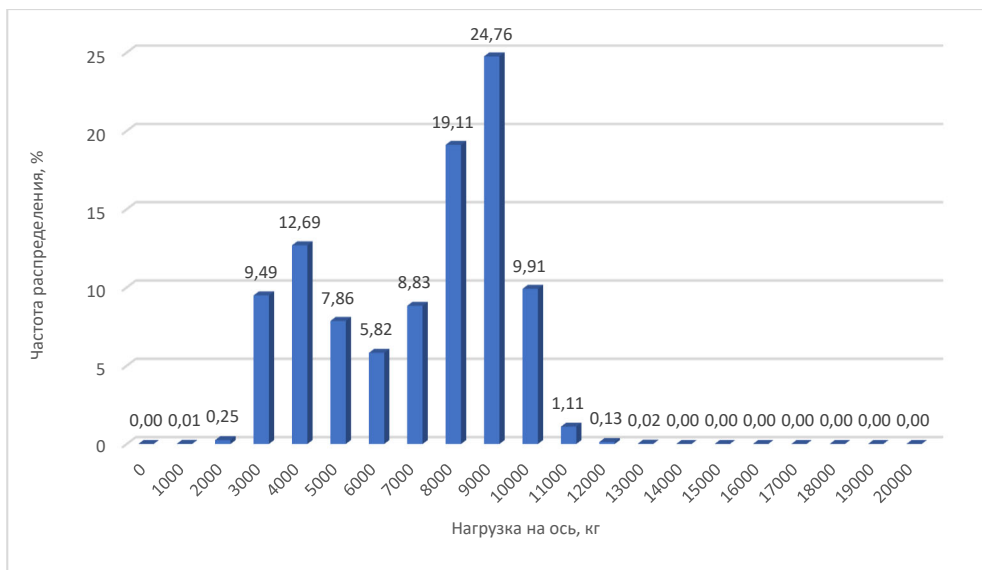
<i>Нагрузка на ось (группу осей) до, кг</i>	<i>Количество осей транспортных средств (%) с соответствующими нагрузками на одиночную ось (группу с 2, 3 и 4 и более осями) по категориям и подкатегориям транспортных средств по Приказу Минтранса России от 29.03.2018 № 119</i>																				
	2	3	4	5	6	7		8				9				10	11				
	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
<i>500</i>																					
<i>1000</i>																					
<i>1500</i>																					
<i>...</i>																					
<i>n*19000</i>																					
<i>n*19500</i>																					
<i>n*20000</i>																					
<i>Примечание. n – число осей в рассматриваемой группе осей (если ось одиночная, то n = 1)</i>																					

В соответствии с Приложением 2 к Порядку осуществления весового и габаритного контроля транспортных средств, в том числе порядка организации пунктов весового и габаритного контроля транспортных средств, описанном в Приказе Минтранса России от 29.03.2018 № 119, предельно допустимая погрешность измерительных приборов для вероятности 95 % должна составлять  $\pm 11$  %. Для исключения существующей погрешности необходимо при обработке данных с АПВГК умножать значения осевых нагрузок на соответствующий коэффициент 1,11. После завершения указанной процедуры данные можно разбивать по промежуткам значений нагрузки и заносить информацию в процентах попадания в интервал, используя соответствующую форму (табл. 2).

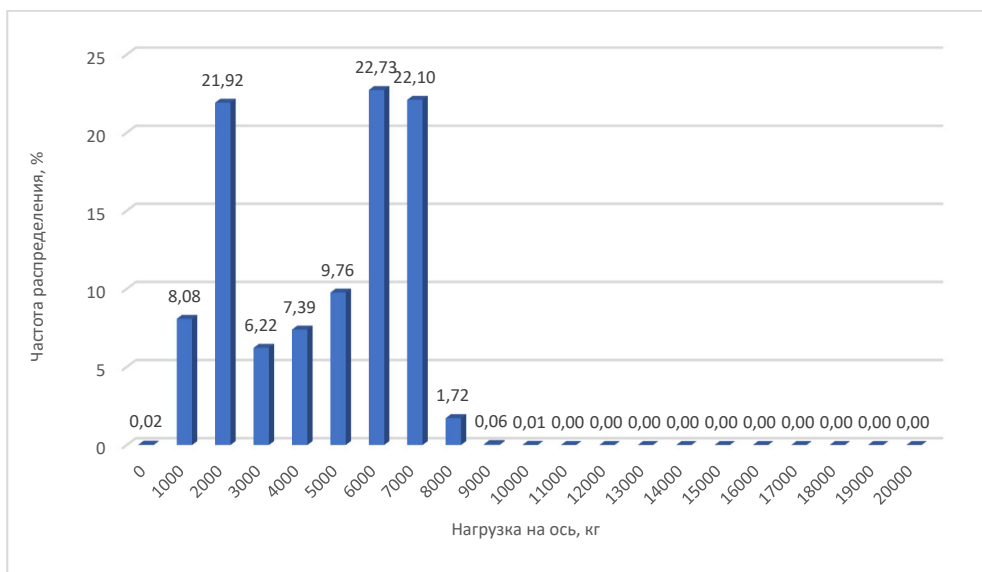
По данным, полученным с одного из анализируемых АПВГК, были построены графики распределения нагрузок на ось или группу осей (в кг) для транспортных средств 19-й подкатегории (рис. 1-3).



*Рис. 1. Распределение нагрузок на рулевую (первую) ось транспортного средства 19-й подкатегории*



**Рис. 2. Распределение нагрузок на ведущую (вторую) ось транспортного средства 19-й подкатегории**



**Рис. 3. Распределение нагрузок на группу строенных осей транспортного средства 19-й подкатегории**

Для использования заполненных данными с АПВГК форм предлагается воспользоваться разработанными авторами представленной

работы формулами (1) и (2) наряду с формулами из ОДМ 218.2.062-2015 [3] для расчета следующих параметров:

- коэффициента приведения проезда одиночной оси;
- коэффициента приведения эквивалентной нагрузки от колеса движущегося многоосного и многоколесного транспортного средства к расчетной нагрузке с учетом влияния на напряженно-деформированное состояние дорожной одежды как данного колеса с нагрузкой, так и других близко расположенных колес;
- эквивалентной нагрузки от колеса движущегося многоосного и многоколесного транспортного средства;
- эквивалентной колесной нагрузки с учетом поперечного влияния применительно к одиночным осям.
- диаметра круга, равновеликого отпечатку колеса.

Расстояние между колесами одной оси в поперечном направлении для двухколесных осей рекомендуется принимать равным 1,8 м для двускатных колес и 2,0 м – для односкатных колес.

При вычислении коэффициента приведения к расчетной нагрузке для групп сближенных осей необходимо равномерно разделить расчетную нагрузку на количество сближенных осей и произвести расчет эквивалентной нагрузки для колес по каждой отдельной оси с учетом взаимного влияния колес.

Для колес, под которыми напряженно-деформированное состояние дорожной одежды имеет также воздействие со стороны других колес транспортного средства, расположенных на расстоянии в пределах 2,5 м, авторами представленной в данной статье работы рекомендуется рассчитывать эквивалентную колесную нагрузку с учетом влияния колес разных осей в продольном направлении и влияния колес одной оси в поперечном направлении. Решение учитывать влияние колес одной оси было обусловлено проведенными для различных транспортных средств расчетами в соответствии с функцией влияния колес в поперечном направлении [3, формула 20].

Для каждого интервала нагрузок на ось (тележку) в расчет эквивалентной колесной нагрузки принимается верхняя граница диапазона, после чего для каждой оси отдельно по каждому типу скатности вычисляется коэффициент приведения, который впоследствии суммируется с учетом процентного распределения по интервалам нагрузки и типу скатности колеса по формуле, предлагаемой в данной работе (1):

$$s_{jk} = m \times \sum_{i=1}^n 0,0001 \times n_{ijk} \times m_{jk} \times s_{ijk} , \quad (1)$$

где

$S_{jk}$  – коэффициент приведения к расчетной нагрузке  $j$ -ой оси (тележки) транспортного средства  $k$ -ой подкатегории;

$n_{ijk}$  – процент попадания значений нагрузки в  $i$ -ый интервал нагрузок на ось (тележку)  $j$ -ой оси (тележки) транспортного средства  $k$ -ой подкатегории по данным с АПВГК;

$m_{jk}$  – процент осей  $j$ -ой оси (тележки) транспортного средства  $k$ -ой подкатегории с определенным типом скатности по данным с АПВГК;

$S_{ijk}$  – коэффициент приведения к расчетной нагрузке  $i$ -ого интервала нагрузок на ось (тележку)  $j$ -ой оси (тележки) транспортного средства  $k$ -ой подкатегории;

$m$  – число осей (тележек) данного типа;

$n$  – число интервалов нагрузок на ось (тележку).

Для данного транспортного средства  $k$ -ой подкатегории суммарный коэффициент приведения, характеризующий разрушающее воздействие проезда транспортного средства рассматриваемого типа по сравнению с однократным приложением расчетной нагрузки, определяют суммированием коэффициентов приведения всех его осей с двухскатными и односкатными колесами с учетом процентов частоты их обнаружения по формуле (2):

$$S_{k \text{ сум}} = q^{\text{РКП}} \times \left( \sum_{i=1}^{m^{\text{од}}} S_{jk}^{\text{од}} + \sum_{j=1}^{m^{\text{дв}}} S_{jk}^{\text{дв}} \right), \quad (2)$$

где

$m^{\text{дв}}$  – число осей с двухскатными колесами;

$m^{\text{од}}$  – число осей с односкатными колесами;

$q^{\text{РКП}}$  – показатель роста коэффициентов приведения в процессе эксплуатации за счет увеличения грузоподъемности транспортного потока, принимаемый в соответствии с табл. 2 при 24-летнем сроке службы.

В силу закономерностей, наметившихся в логистической отрасли, рост удельной грузоподъемности транспортного средства будет продолжаться. Значение коэффициента приведения напрямую зависит от этого фактора. Кроме того, значение данного коэффициента является также функцией интенсивности движения. Для изучения этой зависимости была собрана информация с весового пункта на участке



автомобильной дороги в Ростовской области. По полученным данным в соответствии с предлагаемой методикой были вычислены коэффициенты приведения к расчетной осевой нагрузке 10 т для транспортного средства 19 подкатегории по классификации Приказа Минтранса № 119 [2]. Увеличение коэффициентов приведения за расчетный период с 2006 по 2015 гг. составило с 1,32 до 2,77.

Затем, используя данные, опубликованные на сайте Федеральной службы государственной статистики (Росстат), были получены статистические выкладки относительно грузооборота транспорта на автомобильных дорогах с 2000 до 2018 гг. Для выявления зависимости между двумя наборами данных для соответствующего периода был рассчитан коэффициент корреляции, значение которого составило 0,93, что свидетельствует о наличии значительной связи между массивами данных. После этого стало возможным провести аппроксимацию данных с сайта Росстата показательной функцией  $f=a*b^x$  с дальнейшим выведением исходного значения грузооборота  $a$  и коэффициента прироста  $b$ , который характеризует ежегодный прирост грузоподъемности транспортного потока и соответственно коэффициентов приведения. Величина  $b$  по результатам расчетов в программе составила 1,0287.

Дальнейшее рассмотрение этого фактора обуславливается введением показателя прироста коэффициентов приведения, который зависит как от изменения коэффициентов приведения ввиду роста грузоподъемности, так и от роста интенсивности, принимаемой в расчет при проектировании.

Для выведения такого показателя проводился расчет коэффициента приведения, эквивалентного случаю при подробном расчете, в котором суммарное число приложения расчетной нагрузки рассчитывалось для каждого года в течение 24-летнего срока службы дороги, а затем суммировалось. Путем итеративных операций для ряда показателей прироста интенсивности движения определялся конкретный показатель роста коэффициентов приведения.

С учетом вышеизложенного полагают целесообразным назначать эквивалентный совокупному влиянию описанных параметров коэффициент  $q^{ркп}$  в зависимости от показателя ежегодного прироста интенсивности движения.

Таким образом, в расчет введен показатель роста коэффициентов приведения в процессе эксплуатации за счет увеличения грузоподъемности транспортного потока, принимаемый в соответствии с **табл. 2** в зависимости от рассчитываемого срока службы дороги и показателя прироста интенсивности движения.

Таблица 2

*Показатели роста коэффициентов приведения в процессе эксплуатации автомобильной дороги за счет увеличения грузоподъемности транспортных средств*

<i>Показатель ежегодного прироста интенсивности движения, принятого при проектировании</i>	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,30
<i>Показатель роста коэффициентов приведения <math>q^{р\kappa\mu}</math> при 12-летнем сроке службы</i>	1,212	1,216	1,220	1,224	1,227	1,231	1,235	1,239	1,242	1,246	1,302
<i>Показатель роста коэффициентов приведения <math>q^{р\kappa\mu}</math> при 24-летнем сроке службы</i>	1,471	1,491	1,509	1,528	1,546	1,564	1,581	1,597	1,613	1,628	1,806

Для учета динамического воздействия транспортных средств необходимо знать данные об их скоростном режиме, массе, а также ровности дорожного покрытия. Однако нельзя полагать, что данные о скорости, полученные с АПВГК, полностью соответствуют реальной ситуации. Тем не менее, при наличии таких сведений можно было принять решение о назначении расчетной скорости в рамках представленной работы. В качестве анализируемого было рассмотрено транспортное средство 19-ой подкатегории по Приказу Минтранса № 119. Рассчитанные в программном комплексе «Универсальный механизм» коэффициенты динамичности (Кд) для модели транспортного средства 19-й подкатегории приведены в **табл. 3**.

**Таблица 3**

*Коэффициенты динамичности транспортных средств  
7 и 19 подкатегорий в соответствии с классификацией  
по Приказу Минтранса от 29.03.2018 № 119*

<i>Количество осей транспортного средства</i>	<i>Кд для показателя ровности IRI=1,8</i>	<i>Кд для показателя ровности IRI=6,0</i>	<i>Кд средний</i>	<i>Общий Кд для всего транспортного средства</i>
1	1,1176	1,3574	1,2375	1,2346
2	1,2434	1,5757	1,4096	
3	1,0653	1,3145	1,1899	
4	1,0603	1,289	1,1747	
5	1,0629	1,26	1,1614	

При решении данной задачи было принято допущение, что на первый год эксплуатации ровность будет соответствовать  $IRI=1,8$ . Далее будет происходить линейное ухудшение ровности вплоть до 12-го года, соответствующего сроку проведения ремонтных работ в соответствии с Постановлением Правительства № 658, с максимально допустимым значением ровности  $IRI = 6,0$ . После ремонтных работ будем считать, что показатель  $IRI$  снова будет равен 1,8.

По результатам расчетов было принято решение не учитывать дополнительно возможные изменения коэффициента динамичности, так как используемый сегодня коэффициент равен 1,3. В это время средний коэффициент динамичности для всего транспортного средства, движущегося со скоростью 70 км/ч составил 1,23, что не превышает значение, применяемое в настоящее время. Важно отметить, что от 70 до 90 % потока в зависимости от технической категории дороги движется с меньшей скоростью. Это свидетельствует о том, что значение коэффициента динамичности в большей части случаев не превысит значения 1,23.

По данным АПВГК за 2019 г. с ряда дорог федерального и регионального значения с расчетными нагрузками в 11,5 и 10 т на ось были рассчитаны коэффициенты приведения, отражающие действительные характеристики транспортного потока только для конкретного набора участков.

Следует добавить, что в сравнении с коэффициентами приведения из ОДМ 218.2.062 точность расчета коэффициентов приведения к расчетной нагрузке для анализируемых участков повысится в связи с тем, что предложенный алгоритм позволяет учитывать характеристики реального потока, осуществляющего движение по рассматриваемым участкам, с учетом особенностей формирования транспортного потока в данном районе.

Таблица 4

*Коэффициенты приведения к расчетным нагрузкам при коэффициенте прироста интенсивности 1,03 по категориям и подкатегориям транспортных средств по Приказу Минтранса России от 29.03.2018 № 119 [2]*

<i>Расчетная осевая нагрузка, кг</i>	<i>Коэффициенты приведения к расчетным нагрузкам при коэффициенте прироста интенсивности 1,03 по категориям и подкатегориям транспортных средств по Приказу Минтранса России от 29.03.2018 № 119 [2]</i>																				
	2	3	4		5	6		7				8				9				10	11
	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
<b>11500</b>	0,19	0,71	1,56	1,75	1,32	0,53	0,43	0,93	0,84	0,61	1,95	1,60	2,47	2,50	1,14	5,54	3,27	3,06	5,69	1,30	0,49
<b>10000</b>	0,52	0,88	4,87	2,91	0,76	1,43	0,67	1,51	1,27	1,29	1,73	2,32	3,27	3,85	2,24	4,69	4,29	2,14	4,70	2,15	0,95

## ВЫВОДЫ

1. В рассмотренной работе предложены способы обработки, представления и дальнейшего использования данных о реальном транспортном потоке на автомобильных дорогах.
2. Вышеописанные способы позволяют повысить точность проектирования дорожных одежд в части учета воздействия транспортных средств на конкретный участок автомобильной дороги.
3. Предложенный алгоритм сбора данных позволяет оптимизировать время расчета и увеличить точность используемых данных.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *О нормативах финансовых затрат и Правилах расчета размера бюджетных ассигнований федерального бюджета на капитальный ремонт, ремонт и содержание автомобильных дорог федерального значения: Постановление Правительства Российской Федерации от 30.05.2017 № 658 [Электронный ресурс]. – <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71589744/> (дата обращения 08.10.2020).*
2. *Об утверждении Порядка осуществления весового и габаритного контроля транспортных средств, в том числе порядка организации пунктов весового и габаритного контроля транспортных средств: Приказ Минтранса России от 29 марта 2018 г. № 119 [Электронный ресурс]. – <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71838718/> (дата обращения 08.10.2020).*
3. *ОДМ 218.2.062-2015. Рекомендации по определению параметров расчетных нагрузок для современных транспортных средств [Электронный ресурс]. – <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293750/4293750653.htm> (дата обращения 08.10.2020).*

## LITERATURA

1. *O normativah finansovyh zatrat i Pravilah rascheta razmera byudzhetnyh assignovaniy federal'nogo byudzheta na kapital'nyj remont, remont i sodержanie avtomobil'nyh dorog federal'nogo znacheniya: Postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 30.05.2017 № 658 [Elektronnyj resurs]. – <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71589744/> (data obrashcheniya 08.10.2020).*

2. *Ob utverzhdenii Poryadka osushchestvleniya vesovogo i gabaritnogo kontrolya transportnyh sredstv, v tom chisle poryadka organizacii punktov vesovogo i gabaritnogo kontrolya transportnyh sredstv: Prikaz Mintransa Rossii ot 29 marta 2018 g. № 119 [Elektronnyj resurs]. – <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71838718/> (data obrashcheniya 08.10.2020).*
3. *ODM 218.2.062-2015. Rekomendacii po opredeleniyu parametrov raschetnyh nagruzok dlya sovremennyh transportnyh sredstv [Elektronnyj resurs]. – <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293750/4293750653.htm> (data obrashcheniya 08.10.2020).*

.....

**METHOD FOR INCREASING THE ACCURACY OF  
ACCOUNTING THE IMPACT OF TRAFFIC FLOW  
ON ROAD PAVEMENT STRUCTURES**

*Ph. D. (Tech.), Associate Professor A.S. Konorev,  
Engineer V.A. Dumenko  
(FAI «ROSDORNII»),  
Ph. D. (Tech.) O.V. Konoreva  
(Don State Technical University (DSTU))  
Contact information: konorev@rosdornii.ru*

*The article provides methods for processing and analyzing data on cargo traffic flow in order to design road pavements and estimate their remaining service life. The research is based on information from automatic weight and dimensional control stations (Weigh-in-Motion (WIM) systems) located in different regions of the Russian Federation and installed on roads of different categories, designed for various design loads. The authors propose to assign the classification of vehicles in accordance with the Procedure for carrying out weight and dimensional control as the main one due to the most detailed differentiation of vehicles by their types. In addition, it is recommended to introduce a certain order of synthesis of data on traffic flow over a long period of time to simplify the algorithm of calculating the conversion coefficients that are unique for each road section. As an example, the coefficients of conversion to design loads were calculated by processing of data from more than 20 WIM systems.*

**Key words:** *traffic flow, vehicle, conversion coefficient, dynamic coefficient.*

---

Рецензент: канд. техн. наук И.А. Рахимова (ФАУ «РОСДОРНИИ»).

Статья поступила в редакцию: 03.12.2020 г.