Интернет-журнал «Транспортные сооружения» <https://t-s.today>
Russian journal of transport engineering

2018, №4, Том 5 / 2018, No 4, Vol 5 <https://t-s.today/issue-4-2018.html>

URL статьи: <https://t-s.today/PDF/20SATS418.pdf>

DOI: 10.15862/20SATS418 (<http://dx.doi.org/10.15862/20SATS418>)

Статья поступила в редакцию 25.11.2018; опубликована 22.01.2019

Ссылка для цитирования этой статьи:

Акулов В.В., Тиратурян А.Н., Бодров И.В., Симакова А.А., Фарниева М.В. Анализ распределения количества приложений расчетной нагрузки на федеральных автомобильных дорогах в течение года // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2018 №4, <https://t-s.today/PDF/20SATS418.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/20SATS418

For citation:

Akulov V.V., Tiraturyan A.N., Bodrov I.V., Simakova A.A., Farnieva M.V. (2018). Analysis of the distribution of the number of applications of the estimated load on the Federal roads during the year. *Russian journal of transport engineering*, [online] 4(5). Available at: <https://t-s.today/PDF/20SATS418.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/20SATS418

УДК 6

ГРНТИ 67.01.81

Акулов Владимир Владимирович

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Научно-исследовательский институт проблем дорожно-транспортного комплекса
Инженер
E-mail: marine_25@inbox.ru

Тиратурян Артем Николаевич

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Доцент кафедры «Автомобильные дороги»
Кандидат технических наук
E-mail: tiraturjan@list.ru

Бодров Илья Владимирович

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Студент
E-mail: bodrov_ilya120196@mail.ru

Симакова Анастасия Анатольевна

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Студент
E-mail: simakova000@gmail.com

Фарниева Марина Вячеславовна

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Студент
E-mail: marina95farnieva@mail.ru

**Анализ распределения количества
приложений расчетной нагрузки на федеральных
автомобильных дорогах в течение года**

Аннотация. Статья посвящена статистической обработке интенсивности движения и состава транспортного потока, полученных с пунктов автоматизированного учета интенсивности движения за 2010-2018 годы с целью определения распределения количества приложений расчетной нагрузки по месяцам. Основным источником информации для статистической обработки стали результаты учета движения на автомагистралях М-1 «Беларусь», А-107 ММК Можайско-Волоколамское шоссе, М-3 «Украина», М-4 «Дон», М-4 «Дон». Верное определение интенсивности движения и состава транспортного потока является важной задачей, позволяющей принимать адекватные решения на стадии проектирования автодорог, а именно подобрать дорожную конструкцию, способную работать в условиях нагружения от фактического транспортного потока в течение всего срока службы. Авторами было рассчитано суммарное число приложений расчетной нагрузки к точке на поверхности покрытия, используя коэффициенты приведения транспортных средств к расчетной нагрузке 115 кН. После расчета суммарного количества приложений, полученное значение было разделено на число дней в рассматриваемом месяце. По полученным данным было найдено общее суммарное количество приложений расчетной нагрузки на всех пунктах учета, по месяцам. Минимальные значения числа приложений нагрузки наблюдаются в зимний период (январь, февраль, март), когда ситуация на дороге ухудшается из-за погодных условий. Значения колеблются от 4,75 % до 8 % для дорог М-1 «Беларусь», М-3 «Украина», М-4 «Дон», М-4 «Дон». Максимальные значения числа приложений нагрузки наблюдаются в более теплое время года (июль, август, сентябрь, октябрь), обусловлено это тем, что наступают благоприятные для отдыха погодные условия и максимально активизируется сельскохозяйственная промышленность. Значения колеблются от 7,6 % до 11,3 % для дорог М-1 «Беларусь», М-3 «Украина», М-4 «Дон», М-4 «Дон».

Вклад авторов

Акулов Владимир Владимирович – автор внес существенный вклад в написание статьи, одобрил окончательную версию статьи перед её подачей для публикации.

Тиратурян Артем Николаевич – собрал, проанализировал и интерпретировал информацию по данной тематике.

Бодров Илья Владимирович – автор осуществил написание статьи.

Симакова Анастасия Анатольевна – автор осуществил написание статьи.

Фарниева Марина Вячеславовна – автор осуществил написание статьи.

Ключевые слова: интенсивность движения; мониторинг; дорожная конструкция; пункт учета движения; прибор учета движения; автомобильная дорога; транспортный поток

Введение

Данные учёта интенсивности движения являются основополагающими при назначении прочностных характеристик на стадии проектирования ремонтных мероприятий и реконструкций [1], прогнозирования эксплуатационного состояния, остаточного ресурса, эффективного управления активами [2, 3]. Результаты мониторинга интенсивности движения также могут быть использованы в качестве статистического материала для разработки моделей деградации состояния, подбора критериев и точности проектных моделей и др. [4]. Поэтому накопление и обработка статистического материала не теряет своей актуальности.

Статья посвящена статистической обработке интенсивности движения и состава транспортного потока, полученных с пунктов автоматизированного учета интенсивности

движения за 2010-2018 годы с целью определения распределения количества приложений расчетной нагрузки по месяцам.

Данные о суммарном количестве приложений расчетной нагрузки, являются необходимой частью для решения задач, возникающих в процессе деятельности органов управления дорожным хозяйством [5], в том числе при:

- оценке транспортно-эксплуатационных показателей автомобильной дороги и дорожных сооружений;
- проектировании и оценке прочности дорожных одежд;
- формировании плана дорожных работ по капитальному ремонту и содержанию автомобильных дорог;
- планировании совершенствования дорожной сети автомобильных дорог и обосновании объемов инвестиций в развитие сети автомобильных дорог и дорожного хозяйства.

Основным источником информации для статистической обработки стали результаты учета движения на автомагистралях М-1 «Беларусь», А-107 ММК Можайско-Волоколамское шоссе, М-3 «Украина», М-4 «Дон», М-4 «Дон» (альтернативное направление) [6].

Количество пунктов автоматизированного учета, результаты мониторинга с которых использовались в работе, указаны в таблице 1.

Таблица 1

Количество пунктов автоматизированного учета

Автомобильная дорога	Количество, штук
М-1 «Беларусь»	18
А-107 ММК	1
М-3 «Украина»	11
М-4 «Дон»	38
М-4 «Дон» (альтернатива)	10

Разработано автором

Содержание автодорог, улиц и других объектов дорожного хозяйства на высоком уровне невозможно выполнить без надежной работы, специализированной дорожной информационной системы.

Верное определение интенсивности движения и состава транспортного потока является важной задачей, позволяющей принимать адекватные решения на стадии проектирования автодорог, а именно подобрать дорожную конструкцию, способную работать в условиях нагружения от фактического транспортного потока в течение всего срока службы.

Система предназначена для работы с информацией от объектов дорожного мониторинга, установленных на федеральных трассах находящихся в ведение ГК Автодор [7].

Программа позволяет осуществлять мониторинг сети автомобильных дорог в реальном времени.

Центр управления производством включает следующие модули:

- модуль метеорологического контроля;
- модуль учета интенсивности движения;
- карта.

Модуль учета интенсивности движения имеет 3 подразделения:

- сводка за период;
- архив по датчику;
- график по датчику.

Автоматизированный учет движения проводится с целью получения объективных данных об интенсивности и составе движения транспортных потоков, проходящих по автомобильным дорогам общего пользования и на платных автомобильных дорогах [8].

Величина среднегодовой суточной интенсивности движения позволяет оценивать соответствие существующей автомобильной дороги ее категории и требованиям, предъявляемым ко всем основным элементам и параметрам автомобильных дорог, в том числе к параметрам геометрических элементов поперечного профиля, плана, продольного профиля.^{1,2}

Автоматизированные пункты учета движения обеспечивают круглосуточный учет интенсивности и состава движения в течение года на автомобильных дорогах общего пользования и на платных автомобильных дорогах.

Пункты учета рекомендуется располагать на участках автомобильных дорог вне пределов населенных пунктов, на подходах к крупным городам, административным центрам, грузо- и пассажирообразующим комплексам, в зонах пересечений и примыканий, а также на участках, запрещающих обгоны, остановки транспортных средств и другие пересечения по полосам движения [9, 10].

Приборы учета движения должны разделять транспортный поток в автоматическом режиме на не менее чем восьми полосах движения и распознавать следующие типы транспортных средств:

- легковые;
- микроавтобусы, малые грузовики;
- одиночные АТС, автобусы;
- автопоезда до 13 метров;
- автопоезда от 13 до 18 метров;
- длинные автопоезда свыше 18 метров.

Транспортный поток классифицирован в соответствии с каталогом³, и занесены в таблицы по месяцам (таблица 2).

Таблица 2

Классификация интенсивности движения по типу транспортного средства (пример)

Категория ТС	Тип транспортного средства	2013								
		Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	...
В	Легковые автомобили	284917	843030	968661	1337200	1859093	1993285	2124117	1807816	...

¹ СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги.

² СП 78.13330.2012 Автомобильные дороги.

³ СТО АВТОДОР 2.25-2016 Каталог типовых конструкций нежесткой дорожной одежды для автомобильных дорог государственной компании "Автодор".

Категория ТС	Тип транспортного средства	2013								
		Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	...
С	Двухосные грузовые автомобили	5055	13502	15512	20096	22409	24468	26225	21617	...
	Трехосные грузовые автомобили	8889	23744	27280	35340	39409	43031	46120	38015	...
	Четырехосные грузовые автомобили	2092	5587	6419	8315	9273	10125	10852	8945	...
	Четырехосные автопоезда	4665	12354	13245	17403	17592	19773	21442	17593	...
	Пятиосные автопоезда	5997	15883	17029	22375	22618	25422	27568	22619	...
	Трехосные седельные автопоезда	1999	5294	5676	7458	7539	8474	9189	7540	...
	Четырехосные седельные автопоезда	3332	8824	9461	12431	12566	14123	15316	12566	...
	Пятиосные седельные автопоезда	27321	72358	77578	101932	103038	115812	125588	103043	...
	Пятиосные седельные автопоезда	5331	14119	15137	19889	20105	22598	24505	20106	...
	Шестиосные седельные автопоезда	6664	17648	18921	24861	25131	28247	30631	25133	...
	Автомобили с семью и более осями и другие	11328	30002	32166	42264	42723	48020	52073	42725	...
Д	Автобусы	1394	3725	4279	5544	6182	6750	7235	5963	...

Разработано автором

Используя полученную интенсивность движения, было рассчитано суммарное число приложений расчетной нагрузки к точке на поверхности покрытия по формуле 1, используя коэффициенты приведения транспортных средств к расчетной нагрузке 115 кН, в соответствии с таблицей 3.

Суммарное число приложений расчетной нагрузки к точке на поверхности за расчетный срок службы определяется по формуле:

$$\sum_{t=1}^{t_{\text{сл}}} Np = f_{\text{пол}} \cdot \sum_{m=1}^n (N_{1m} \cdot K_c \cdot T_{\text{ргд}} \cdot 0,7) \cdot S_{m \text{ сум}} \cdot k_n \quad (1)$$

где: $f_{\text{пол}}$ – коэффициент учитывающий число полос движения и распределение движения по ним [5];

n – общее число различных марок грузовых и пассажирских транспортных средств в составе транспортного потока;

$S_{m \text{ сум}}$ – суммарный коэффициент приведения воздействия на дорожную одежду транспортного средства m -й марки к расчетной нагрузке $Q_{\text{расч}}$;

N_{Im} – суточная интенсивность движения автомобилей m -й марки заданной степени загрузки в первый год службы (в обоих направлениях), авт./сут.;

K_c – коэффициент суммирования⁴;

$T_{рдг}$ – расчетное число расчетных дней в году, соответствующих определенному состоянию деформации конструкции;

k_n – коэффициент, учитывающий вероятность отклонения суммарного движения от среднего ожидаемого;

$t_{сл}$ – расчетный срок службы дорожной конструкции.

Таблица 3

Коэффициенты приведения транспортных средств к расчетной нагрузке 115 кН по классификации

Категория транспортных средств	Схема	Тип транспортного средства	S_m
B		Небольшие грузовики (фургоны) и другие автомобили с прицепом и без него	0,03
C		Двухосные грузовые автомобили	0,6
	Трехосные грузовые автомобили	1,3
	Четырехосные грузовые автомобили	1,7
	Четырехосные автопоезда (двухосный грузовой автомобиль с прицепом)	0,7
	Пятиосные автопоезда (трехосный грузовой автомобиль с прицепом)	1,4
	Трехосные седельные автопоезда (двухосный седельный тягач с полуприцепом)	0,8
	Четырехосные седельные автопоезда (двухосный седельный тягач с полуприцепом)	1,6
	Пятиосные седельные автопоезда (двухосный седельный тягач с полуприцепом)	2,0
	Пятиосные седельные автопоезда (трехосный седельный тягач с полуприцепом)	2,1
	Шестиосные седельные автопоезда	2,1
	Автомобили с семью и более осями и другие	3,0
D		Автобусы	0,5

<http://docs.cntd.ru/document/1200134230>

⁴ ОДН 218.046-01 Проектирование нежестких дорожных одежд.

Так как необходимо рассчитать количество приложений расчетной нагрузки за 1 год эксплуатации, в имеющейся формуле принимаем константой следующие значения:

$$\sum_{t=1}^{t_{cl}} Np = f_{пол} \cdot \sum_{m=1}^n (N_{1m} \cdot K_c \cdot T_{ргд} \cdot 0,7) \cdot S_{m \text{ сум}} \cdot k_n, \quad (2)$$

где: $T_{ргд}$ – расчетный период;

$K_c = 1$;

$k_n = 1,49$.

После расчета суммарного количества приложений, полученное значение было разделено на число дней в рассматриваемом месяце (январь, март, май, июль, август, октябрь, декабрь – 31; апрель, июнь, сентябрь, ноябрь – 30; февраль – 28/29), и фиксировалось в виде таблицы 4.

Таблица 4

Пример таблицы с суммарным количеством приложенной нагрузки

ПУИД	Автомобильная дорога: М-1 (2017 год)				
	Суммарное количество приложений расчетной нагрузки				
	Январь	Февраль	Март	Апрель	
17+400	235372	252825	281043	199189	
21+650	205072	207510	266656	261308	
24+500	89705	131370	170251	178295	
52+850	89445	108271	135561	143217	
.....					

Разработано автором

По полученным данным было найдено общее суммарное количество приложений расчетной нагрузки на всех пунктах учета, по месяцам. Для построения общего графика, изображенного на рисунке 1, был определен усредненный процент нагрузок за несколько лет.

Рисунок 1. Общий график распределения суммарного числа приложений расчетной нагрузки (разработано автором)

Заключение

Каждая из исследуемых автомобильных дорог имеет свое стратегическое назначение, в связи с этим в разное время года интенсивность движения значительно изменяется.

Исходя из результатов исследования можно сделать выводы по количеству суммарного числа приложений расчетной нагрузки в разное время года:

Минимальные значения числа приложений нагрузки наблюдаются в зимний период (январь, февраль, март), когда ситуация на дороге ухудшается из-за погодных условий. Значения колеблются от 4,75 % до 8 % для дорог М-1 «Беларусь», М-3 «Украина», М-4 «Дон», М-4 «Дон» (альтернатива).

Максимальные значения числа приложений нагрузки наблюдаются в более теплое время года (июль, август, сентябрь, октябрь), обусловлено это тем, что наступают благоприятные для отдыха погодные условия и максимально активизируется сельскохозяйственная промышленность. Значения колеблются от 7,6 % до 11,3 % для дорог М-1 «Беларусь», М-3 «Украина», М-4 «Дон», М-4 «Дон» (альтернатива).

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев А.П. Эксплуатация автомобильных дорог – 2013, – 320 с.
2. Углова Е.В., Тиратурян А.Н., Шамраев Л.Г. Современный подход к оценке транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог государственной компании «Российские автомобильные дороги» 2016 г.
3. Analitical Tools for Asset Management. NCHRP report 545. Washington, 2005. 71 p.
4. Haas, R. (ed) 1997, Pavement design and management guide, Transportation Association of Canada, Ottawa.
5. Юшков В.С. Диагностика и оценка состояния автомобильных дорог // Молодой ученый. – 2011. – №12. Т.1. – С. 67-69.
6. Тиратурян А.Н., Акулов В.В., Бодров И.В., Симакова А.А., Фарниева М.В. Исследование растягивающих деформаций на нижней границе пакета асфальтобетонных слоев на основе испытаний установкой ударного нагружения // Транспортные сооружения, 2018 No4, <https://t-s.today/PDF/14SATS418.pdf> Загл. с экрана. Яз. рус., англ.
7. Углова Е.В., Тиратурян А.Н. Программный комплекс для «обратного» расчета динамических модулей упругости эксплуатируемых дорожных конструкций с учетом параметров воздействия установок нагружения дорожных одежд.
8. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения: М.: Транспорт, 1993. – 271 с.
9. Жилин С.Н., Ермолаев В.И. Современные автоматизированные технические средства диагностики автомобильных дорог. – 2002.
10. Leonard Farnell&Co. Ltd. (1996). Road Measurement Data Acquisition System User's Guide.

Akulov Vladimir Vladimirovich

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia
Research institute of road-transport complex problems
E-mail: marine_25@inbox.ru

Tiraturyan Artem Nikolaevich

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: tiraturjan@list.ru

Bodrov Ilya Vladimirovich

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: bodrov_ilya120196@mail.ru

Simakova Anastasia Anatolievna

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: simakova000@gmail.com

Farnieva Marina Vyacheslavovna

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: marina95farnieva@mail.ru

Analysis of the distribution of the number of applications of the estimated load on the Federal roads during the year

Abstract. The article is devoted to the statistical processing of traffic intensity and composition of traffic flow obtained from the points of automated traffic intensity accounting for 2010-2018 in order to determine the distribution of the number of applications of the calculated load by months. The main source of information for statistical processing was the results of traffic accounting on highways M-1 "Belarus", a-107 MMK Mozhaisk-Volokolamsk highway, M-3 "Ukraine", M-4 "don", M-4 "don". The correct determination of the traffic intensity and composition of the traffic flow is an important task that allows you to make adequate decisions at the design stage of roads, namely to choose a road structure that can operate under load from the actual traffic flow for the entire service life. The authors calculated the total number of applications of the calculated load to the point on the surface of the coating, using the coefficients of reduction of vehicles to the calculated load of 115 kN. After calculating the total number of applications, the resulting value was divided by the number of days in the month in question. According to the data obtained, the total total number of applications of the calculated load at all points of accounting, by month, was found. The minimum values of the number of load applications are observed in winter (January, February, March), when the situation on the road deteriorates due to weather conditions. The values range from 4.75 % to 8 % for roads M-1 "Belarus", M-3 "Ukraine", M-4 "Don", M-4 "Don". The maximum values of the number of load applications observed in the warmer months (July, August, September, October), due to the fact that there are favorable weather conditions for recreation and the most active agricultural industry. The values range from 7.6 % to 11.3 % for the roads M-1 "Belarus", M-3 "Ukraine", M-4 "Don", M-4 "Don".

Keywords: traffic volume; monitoring; road structure; the point of movement; the meter movement; motor road; traffic flow

REFERENCES

1. Vasil'ev A.P. (2013). Ehkspluatatsiya avtomobil'nykh dorog. [*Road maintenance.*] p. 320.
2. Uglova E.V., Tiraturyan A.N., Shamraev L.G. (2016). Sovremennyy podkhod k otsenke transportno-ehkspluatatsionnykh pokazateley avtomobil'nykh dorog gosudarstvennoy kompanii «Rossiyskie avtomobil'nye dorogi». [*Modern approach to the assessment of transport and operational indicators of highways of the state-owned company "Russian Highways".*]
3. (2005). *Analitical Tools for Asset Management. NCHRP report 545*. Washington, p. 71.
4. Haas R. (1997) *Pavement design and management guide*. Transportation Association of Canada, Ottawa.
5. Yushkov V.S. (2011). Diagnostics and assessment of the state of highways // Young scientist, 12(1), pp. 67-69 (in Russian).
6. Tiraturyan A.N., Akulov V.V., Bodrov I.V., Simakova A.A., Farnieva M.V. (2018). The study of tensile deformations at the lower boundary of the package of asphalt concrete layers based on tests of the installation of shock loading. *Russian journal of transport engineering*, [online] 4(5). Available at: <https://t-s.today/PDF/14SATS418.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/14SATS418
7. Uglova E.V., Tiraturyan A.N. (n.d.). Programmnyy kompleks dlya «obratnogo» rascheta dinamicheskikh moduley uprugosti ehkspluatiruemykh dorozhnykh konstruksiy s uchetom parametrov vozdeystviya ustanovok nagruzheniya dorozhnykh odezhd. [*The software package for the "reverse" calculation of the dynamic elastic moduli of the road structures in use, taking into account the impact parameters of the pavement loading devices.*]
8. Babkov V.F. (1993). Dorozhnye usloviya i bezopasnost' dvizheniya. [*Road conditions and traffic safety.*] Moscow: Transport, p. 271.
9. Zhilin S.N., Ermolaev V.I. (2002). Sovremennye avtomatizirovannye tekhnicheskie sredstva diagnostiki avtomobil'nykh dorog. [*Modern automated technical means of road diagnostics.*]
10. Leonard Farnell&Co. Ltd. (1996). *Road Measurement Data Acquisition System User's Guide*.