

# Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и тоннелей

УДК 625.7

© М. А. Лебедев, аспирант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет  
Санкт-Петербург, Россия)  
E-mail: marta2013apple@gmail.com

DOI 10.23968/1999-5571-2025-22-6-81-89

© М. А. Lebedev, post-graduate student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering  
St. Petersburg, Russia)  
E-mail: marta2013apple@gmail.com

## УЧЕТ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ КОЛЕСНОЙ НАГРУЗКИ ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД И НАЗНАЧЕНИИ ДОПУСТИМЫХ ВЕСОВЫХ ПАРАМЕТРОВ

### CONSIDERATION OF EQUIVALENT WHEEL LOAD IN THE DESIGN OF PAVEMENT SURFACING AND THE ESTABLISHMENT OF ALLOWABLE WEIGHT PARAMETERS

Рассмотрена необходимость учета эквивалентных нагрузок на колеса групп сближенных осей при конструировании дорожных одежд и назначении допустимых нагрузок. Приведено сравнение расчетных и разрешенных нагрузок на автомобильных дорогах Российской Федерации в нормативной документации. Выдвинута гипотеза о превышении предельных напряжений в несвязных слоях конструкции при проезде групп сближенных осей с нагрузками на оси, разрешенными в соответствии с отечественным законодательством. Определены расчетные параметры нагрузки групп осей различных типов и вычислены сдвиговые напряжения в проверяемом на прочность слое конструкции.

*Ключевые слова:* осевая нагрузка, эквивалентная колесная нагрузка, напряженно-деформированное состояние, дорожная конструкция.

The need to take into account equivalent loads on wheels of groups of close axles when designing pavement surfacing and assigning permissible loads is considered. There is provided a comparison of calculated and permitted loads on highways in the Russian Federation in regulatory documentation. A hypothesis is advanced regarding the exceeding of ultimate stresses in non-bonded structural layers when passing closely spaced axles with loads on the axles permitted under domestic legislation. There are determined calculated load parameters for axial groups of various types, and shear stresses in the structural layer tested for strength are calculated.

*Keywords:* axial load, equivalent wheel load, stress-strain state, road structure.

#### Введение

Важнейшим фактором эффективности функционирования сети дорог Российской Федерации является согласованность расчетных нагрузок, под которые проектируются автомобильные дороги, и разрешенных на них весовых параметров для грузовых транспортных средств. Гармонизации расчетных и разрешенных нагрузок препятствуют три противоречащие тенденции. Первая из них заключается в намерении производителей

транспортных средств обрести конкурентное преимущество на рынке грузовой техники путем совершенствования несущей способности конструктивных элементов грузовых автомобилей и их грузоподъемности. Вторая тенденция состоит в том, что компании, осуществляющие перевозки, приобретая подвижной состав, стремятся реализовать максимум его возможностей, повышая тем самым экономическую эффективность своей деятельности. Третью тенденцию представ-

ляют дорожники, стремящиеся обеспечить сохранность и безопасность автомобильных дорог в течение срока их эксплуатации [1, 2]. Формирование согласованной политики при назначении допустимых весовых параметров лежит в плоскости компромисса между эффективностью функционирования транспортного комплекса и величиной затрат на строительство и эксплуатацию автомобильных дорог. В составе проектной документации на строительство автомобильной дороги этому вопросу посвящена стадия обоснования инвестиций [3].

В Российской Федерации в настоящее время расчетными нагрузками при проектировании дорог, согласно п. 7.1 ГОСТ 71404–2024<sup>1</sup>, являются нагрузки А-10 и А-11,5 на ось или 100 и 115 кН соответственно. Ограничения осевых нагрузок на одиночные оси приведены в приложении № 2 постановления Правительства РФ № 2060<sup>2</sup> и подразделяются на три группы: 6, 10 и 11,5 тонн на ось. Эти ограничения применяются для жестких и нежестких дорожных одежд.

Группы сближенных осей в постановлении также разделены на три группы по следующему принципу: всевозможные конфигурации сближенных групп осей определяются количеством осей в группе и межосевым расстоянием. В зависимости от разрешенной нагрузки на автомобильной дороге (6, 10 или 11,5 т), по которой планируется проезд транспортного средства, группе осей определенной конфигурации соответствует свое значение допустимой нагрузки. Допустимые нагрузки на оси транспортных средств в Российской Федерации представлены в табл. 1.

Анализ данных таблицы показывает, что при нормировании нагрузки на одиночную ось в России существует согласованность с величиной расчетной нагрузки, однако

соответствие допустимых нагрузок для групп сближенных осей несущей способности автомобильных дорог неочевидно.

Сопоставление максимально допустимых нагрузок для групп осей и расчетных нагрузок для автомобильных дорог рассматривается далее в работе. Гипотеза автора состоит в том, что при проезде по дорожной конструкции, запроектированной под расчетную нагрузку одиночной оси А-10 или А-11,5, транспортных средств со сближенными осями с нагрузками на оси, по величине равными максимально допустимым, могут возникнуть превышения предельно допустимых сдвиговых напряжений в несвязных слоях конструкции, особенности возникновения и определения которых сохранятся в работе [4].

#### Методы

Выдвинутая в работе гипотеза будет проверена следующим образом:

- за основу ведения расчетов принимается дорожная конструкция, которая запроектирована на расчетную нагрузку А-11,5 по ГОСТ 71404-2024 и для которой известны расчетные характеристики материалов слоев конструкции, а также результаты расчетов прочности дорожной одежды, подтверждающие назначенные толщины слоев;
- используя данные о максимально допустимых осевых нагрузках по постановлению Правительства РФ № 2060, для различных конфигураций сближенных групп осей рассчитываются эквивалентная колесная нагрузка и эквивалентный диаметр штампа нагружения;
- для полученных показателей проверяется условие прочности в несвязных слоях конструкции.

В качестве примера для оценки напряжений взята конструкция дорожной одежды из примера Ж.2 Приложения Ж ГОСТ 71404–2024. Критерием прочности для проверки является сдвигоустойчивость несвязного слоя основания — песка среднего, так

<sup>1</sup> ГОСТ Р 71404-2024. Дороги автомобильные общего пользования. Нежесткие дорожные одежды. Правила проектирования.

<sup>2</sup> Постановление Правительства РФ от 01.12.23 № 2060 «Об утверждении правил движения тяжеловесного и (или) крупногабаритного транспортного средства».

Таблица 1

**Допустимые нагрузки на группы сближенных осей транспортных средств**

Межосевое расстояние $x$ , м	Максимально допустимая нагрузка на ось, т					
	Для а/д, рассчитанных на нагрузку 60 кН		Для а/д, рассчитанных на нагрузку 100 кН		Для а/д, рассчитанных на нагрузку 115 кН	
	Односкатные колеса	Двускатные колеса	Односкатные колеса	Двускатные колеса	Односкатные колеса	Двускатные колеса
Одиночная ось						
$x > 2,5$	5,5	6	9	10	10,5	11,5
Группа сдвоенных сближенных осей						
$x \leq 1$	8	9	10	11	11,5	12,5
$1 < x \leq 1,3$	9	10	13	14	14	16
$1,3 < x \leq 1,8$	10	11	15	16	17	18
$1,8 < x \leq 2,5$	11	12	17	18	18	20
Группа строенных сближенных осей						
$x \leq 1$	11	12	15	16,5	17	18
$1 < x \leq 1,3$	12	13	18	19,5	20	21
$1,3 < x \leq 1,8$	13,5	15	21	22,5	23,5	24
$1,8 < x \leq 2,5$	15	16	22	23	25	26
Группа сближенных осей с числом осей более трех и не более чем с двумя колесами на оси (значения нагрузок приведены для каждой оси в группе)						
$x \leq 1$	3,5	4	5	5,5	5,5	6
$1 < x \leq 1,3$	4	4,5	6	6,5	6,5	7
$1,3 < x \leq 1,8$	4,5	5	6,5	7	7,5	8
$1,8 < x \leq 2,5$	5	5,5	7	7,5	8,5	9
Группа сближенных осей с числом осей более трех и более чем с двумя колесами на оси (значения нагрузок приведены для каждой оси в группе)						
$x \leq 1$	6	6	9,5	9,5	11	11
$1 < x \leq 1,3$	6,5	6,5	10,5	10,5	12	12
$1,3 < x \leq 1,8$	7,5	7,5	12	12	14	14
$1,8 < x \leq 2,5$	8,5	8,5	13,5	13,5	16	16

как расчет конструкции по этому критерию в пункте Ж.2.6.3 имеет самый незначительный коэффициент запаса, равный 1,59 %. Схема расположения слоев дорожной одежды и их расчетные характеристики приведены на рисунке.

При подборе параметров нагружения сближенных групп осей в качестве межосевого расстояния приняты наиболее близкие к крайним для интервалов значения, чтобы осуществить расчет для наиболее невыгодного сценария нагружения. В подтверждение целесообразности выбора именно такого межосевого расстояния приведем примеры производимых и эксплуатируемых на территории РФ транспортных средств с такими па-

раметрами. Например, при моделировании нагружения группой сближенных сдвоенных осей с нагрузками, равными разрешенным для интервала межосевого расстояния от 1,3 м до 1,8 м включительно, межосевое

$$h_1 = 5(2) \text{ см}$$

$$h_2 = 7 \text{ см}$$

$$h_3 = 10 \text{ см}$$

$$h_4 = 37 \text{ см}$$

$E_1 = 1200 \text{ МПа}$
$E_2 = 1850 \text{ МПа}$
$E_3 = 1250 \text{ МПа}$
$E_4 = 400 \text{ МПа}$
$E_{\text{общ}}^V = 97,9 \text{ МПа}$

Конструкция рассматриваемой дорожной одежды и расчетные характеристики слоев

расстояние возьмем равным 1,32 м. Такому случаю нагружения соответствует задняя тележка одного из наиболее распространенных на территории Российской Федерации автосамосвалов — КАМАЗ-65115. Колею тележки нагружения примем в соответствии с предписаниями ГОСТ 71405–2024 равной для двускатных колес 1,8 м.

При определении расчетных параметров нагрузки обратимся к понятию «эквивалентная колесная нагрузка». Этот параметр отражает нагрузку под рассматриваемым колесом с учетом влияния близкорасположенных колес сближенной группы в поперечном и продольном направлении на напряженно-деформированное состояние дорожной конструкции. При высокой плотности расположения колес в группе нагрузку от нескольких колес, оказывающих взаимное влияние на напряжения и прогибы друг под другом, представляют в виде эквивалентной нагрузки на одно колесо. Появление этого показателя в отечественной нормативной документации, а также различные подходы к его определению изложены в работе [5]. От эквивалентной нагрузки переходят к эквивалентному диаметру штампа нагружения, на основании которого оцениваются напряжения в конструкции. Алгоритм расчета эквивалентных нагрузок и пример их определения для многоосного транспортного средства приведены в работах [6–8], однако идея перехода от эквивалентной нагрузки к эквивалентному диаметру штампа нагружения в этих работах не развита.

Алгоритм определения эквивалентной нагрузки в рамках отдельного документа первоначально был изложен в ОДМ 218.2.062–2015<sup>3</sup>, на данный момент он в том же виде содержится в ГОСТ 71405–2024<sup>4</sup> и представляет собой последовательность операций по определению:

<sup>3</sup> ОДМ 218.2.062–2015. Рекомендации по определению параметров расчетных нагрузок для современных транспортных средств.

<sup>4</sup> ГОСТ Р 71405–2024. Методика расчета коэффициентов приведения транспортных средств к расчетной осевой нагрузке.

1) статической нагрузки на рассматриваемое колесо, входящее в группу, путем деления нагрузки на ось на количество колес на оси;

2) динамического диаметра штампа нагружения (отпечатка колеса) по формуле

$$D_{дij} = \sqrt{\frac{4k_d Q_j}{\pi p}}, \quad (1)$$

где  $k_d$  — коэффициент динамичности, учитывающий увеличение положительных амплитудных значений колебаний движущейся нагрузки, принимаемый равным 1,3;  $Q_j$  — вычисленная на предыдущем этапе статическая нагрузка на рассматриваемое колесо, кН;  $p$  — нормативное давление в шинах рассматриваемого колеса, принимаемое для нагрузки А-11,5 равным 800 кПа;

3) значения функций, учитывающих воздействие расположенных близко от рассматриваемого колес на напряжения и прогибы дорожной конструкции в поперечном и продольном направлении по формулам:

$$c_g = \dots + g^B(L_{i-1}/D_d) + 1 + g^H(L_{i+1}/D_d) + \dots; \quad (2)$$

$$g(L_{ij}/D_{дij}) = A_1 e^{-c_1 \cdot k_p (L_{ij}/D_{дij})^2} + A_2 e^{-c_2 \cdot k_p (L_{ij}/D_{дij})^2}; \quad (3)$$

$$c_q = \dots + q(l_{i-1}/D_d) + 1 + q(l_{i+1}/D_d) + \dots; \quad (4)$$

$$q(l_{ij}/D_{дij}) = B_1 e^{-d_1 \cdot k_p (l_{ij}/D_{дij})^2} + B_2 e^{-d_2 \cdot k_p (l_{ij}/D_{дij})^2}, \quad (5)$$

где  $g^B(L_{i-1}/D_d)$  и  $g^H(L_{i+1}/D_d)$  — функции влияния колес, расположенных в группе осей впереди и позади рассматриваемого колеса соответственно, на нагрузку под рассматриваемым колесом в продольном направлении;  $q(l_{i\pm 1}/D_d)$  — функции влияния колес в поперечном направлении;  $c_g$  и  $c_q$  — суммы функций влияния в продольном и поперечном направлении соответственно;  $L_{i-1}$ ,  $L_{i+1}$  и  $l_{i-1}$ ,  $l_{i+1}$  — расстояния между центром отпечатка рассматриваемого колеса и центрами отпечатков колес, попадающих в зону влияния, в продольном и поперечном направлении соответственно;  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $c_1$ ,  $c_2$ ,  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $d_1$ ,  $d_2$  — коэффициенты, принимаемые согласно табл. 1 и 2 ГОСТ 71405–2024;

4) эквивалентной нагрузки по формуле

$$Q_{дi}^3 = k_{д} Q_j c_g c_q; \quad (6)$$

5) эквивалентного диаметра по формуле

$$D_{дi}^3 = \sqrt{\frac{4Q_{дi}^3}{\pi p}}. \quad (7)$$

В качестве примера определения эквивалентного диаметра рассчитаем данный показатель для задней тележки КАМАЗ-65115. Расстояние между его задними осями составляет 1320 мм, а колесная база — 1800 мм. Будем рассматривать нагрузку на сдвоенное колесо его задней оси, так как, исходя из результатов исследований, приведенных в работах [9–12], впереди стоящая ось в группе сближенных осей вносит больший вклад в напряжения и деформации под позади расположенной осью.

Согласно табл. 1 для такой конфигурации группы сближенных осей при движении по дороге, рассчитанной под 11,5 тонн осевой нагрузки, на группу осей может приходиться суммарная нагрузка в 18 т. Значит, на каждую из осей в группе приходится нагрузка в 9 тонн или 90 кН. Далее поэтапно рассчитаем эквивалентный диаметр:

1) определение статической нагрузки на колесо:

$$Q_j = \frac{90}{2} = 45 \text{ кН};$$

2) определение  $D_{д}$  по формуле (1):

$$D_{дj} = \sqrt{\frac{4k_{д}Q_j}{\pi p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,3 \cdot 45}{\pi \cdot 800}} = 0,31 \text{ м};$$

3) определение функций влияния по формулам (2)–(5):

$$\begin{aligned} g^B(L_{ij} / D_{дj}) &= \\ &= A_1 e^{-c_1 \cdot k_p (L_{ij} / D_{дj})^2} + A_2 e^{-c_2 \cdot k_p (L_{ij} / D_{дj})^2} = \\ &= 0,58 \cdot e^{-0,058 \frac{500}{800} (1,32/0,31)^2} + \\ &+ 0,42 \cdot e^{-0,58 \frac{500}{800} (1,32/0,31)^2} = 0,301; \\ c_g &= g^B(L_{i-1} / D_{д}) + 1 = 0,301 + 1 = 1,301; \end{aligned}$$

$$q(l_{ij} / D_{дj}) =$$

$$\begin{aligned} &= B_1 e^{-d_1 \cdot k_p (l_{ij} / D_{дj})^2} + B_2 e^{-d_2 \cdot k_p (l_{ij} / D_{дj})^2} = \\ &= 0,4 \cdot e^{-0,065 \frac{500}{800} (1,8/0,31)^2} + \\ &+ 0,6 \cdot e^{-0,44 \frac{500}{800} (1,8/0,31)^2} = 0,196; \\ c_q &= q(l_{i-1} / D_{д}) + 1 = 1,196 + 1 = 1,196; \end{aligned}$$

4) определение эквивалентной нагрузки по формуле (6):

$$Q_{дi}^3 = k_{д} Q_j c_g c_q = 1,3 \cdot 45 \cdot 1,301 \cdot 1,096 = 83,41;$$

5) определение эквивалентного диаметра по формуле (7):

$$D_{дi}^3 = \sqrt{\frac{4Q_{дi}^3}{\pi p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 83,41}{\pi \cdot 800}} = 0,364 \text{ м}.$$

Таким образом, эквивалентный диаметр штампа нагружения в рассматриваемом случае равен 0,364 м.

Сдвиговые напряжения, вызываемые приложением вычисленной нагрузки, в работе будем определять по номограммам стандартной методики ГОСТ 71404 на основании расчетных параметров дорожной конструкции и диаметра отпечатка штампа нагружения. Так, согласно примеру Ж.2, отношение  $E_b / E_{общ}^V$  равно 7,779, угол внутреннего трения составляет 26 °, а отношение  $\Sigma h_i / D_{д}^3 = 0,560 / 0,364 = 1,538$ . Для оценки напряжений используем номограмму Е.35. В соответствии с перечисленными данными значение единичной нагрузки  $\bar{\tau}_H = 0,0208$  МПа. Вычислим действующее активное напряжение и сравним его с предельно допустимым напряжением сдвига

$$\begin{aligned} T &= \bar{\tau}_H p = 0,0208 \cdot 0,8 = 0,01671 \text{ МПа}; \\ &0,01671 \text{ МПа} > 0,01513 \text{ МПа} \end{aligned}$$

(превышение на 10,44 %).

Исходя из расчетов, можно констатировать, что при нагружении дорожной конструкции, запроектированной на нагрузку А-11,5, максимально допустимой нагрузкой в виде группы сдвоенных сближенных осей с межосевым расстоянием 1,320 м, соответствующей проезду задней тележки автосамосвала КАМАЗ-65115, предельные сдвиги-

вые напряжения на поверхности слоя песка среднего превышены на 10,44 %.

Результаты расчетов и сравнений для различных конфигураций двухосных и трехосных тележек, максимально допустимые нагрузки для которых указаны в табл. 1, приведены ниже.

**Результаты**

В табл. 2 приведены результаты определения активных напряжений сдвига в слое песка среднего и их сравнение с предельным напряжением для различных конфигураций групп сдвоенных и строенных осей с максимально допустимыми нагрузками по постановлению Правительства РФ № 2060.

В столбце с межосевыми расстояниями, принятыми для расчета, указаны также марки и модели грузовых транспортных средств, для которых характерны такие расстояния между осями. В строках, где под межосевым расстоянием стоит прочерк, расстояние между осями взято для расчета на основании интервалов из табл. 1, но транспортные средства с такой конфигурацией взаимного расположения осей по дорогам России не передвигаются.

**Обсуждение**

По результатам расчета активных напряжений сдвига в слое песка среднего рассматриваемой дорожной конструкции, возника-

Таблица 2

**Результаты определения расчетных параметров нагрузок и сдвиговых напряжений в проверяемом на прочность слое**

Интервалы межосевых расстояний, м	Максимально допустимая нагрузка на группу осей для автомобильных дорог, рассчитанных на нагрузку 11,5 т/ось, т	Межосевое расстояние рассматриваемой конфигурации сближенной группы и модель подвижного состава, соответствующая ей, м	Статическая нагрузка на колесо, кН	Эквивалентные параметры нагружения		Активное действующее напряжение сдвига, МПа	Процент превышения предельного сдвигового усилия, %
				$Q_э$ , кН	$D_э$ , м		
Группа сдвоенных сближенных осей							
$x \leq 1$	12,5	0,990	31,25	57,13	0,302	0,01184	-21,74%
$1 < x \leq 1,3$	16	1,300	40	71,81	0,338	0,01396	-7,73%
$1,3 < x \leq 1,8$	18	1,320 КАМА3-65115	45	83,12	0,364	0,01671	10,44%
$1,8 < x \leq 2,5$	20	1,810 Schmitz Cargobull S.CS EcoCargo	50	85,60	0,369	0,01688	11,57%
Группа строенных сближенных осей							
$x \leq 1$	18	0,990	33	60,34	0,330	0,01264	-16,46%
$1 < x \leq 1,3$	21	1,300 Benalu T39C*	35	63,59	0,318	0,01320	-12,76%
$1,3 < x \leq 1,8$	24	1,310 Schmitz Cargobull 9084	40	76,11	0,348	0,01504	-0,59%
$1,8 < x \leq 2,5$	26	1,810 Juterborg JTB-40	43,33	71,62	0,338	0,01396	-7,73%

ющих при проезде сближенных групп осей различной конфигурации, приведенным в табл. 2, видно, что для групп сдвоенных осей с межосевыми расстояниями в промежутках  $x \leq 1$  и  $1 < x \leq 1,3$ , а также групп строенных осей любой конфигурации наблюдается удовлетворение критерию прочности. Однако для групп сдвоенных осей с расстояниями между осями, попадающими в промежутки  $1,3 < x \leq 1,8$  и  $1,8 < x \leq 2,5$ , характерно существенное превышение предельных сдвиговых напряжений более чем на 10 %.

Справедливо отметить, что грузовые автомобили со сдвоенной тележкой с расстоянием между осями 1,32 м — чрезвычайно частый случай нагружения. Наиболее характерный пример массового использования таких транспортных средств — трехосные автосамосвалы, применяемые для перевозок щебня, песка и прочих нерудных материалов, а также горячих асфальтобетонных смесей. Согласно данным о технических характеристиках КАМАЗ 65115, его полная масса с грузом составляет 25 200 кг, из которых 6200 кг приходится на переднюю одиночную ось, а 19 000 кг — на заднюю тележку. Похожая ситуация в распределении нагрузок на оси груженого подвижного состава наблюдается у всех моделей трехосных автосамосвалов. Учитывая тот факт, что пунктом 4 статьи 12.21.1 КоАП РФ<sup>5</sup> назначение штрафа за превышение весовых параметров предписывается в случае их превышения на величину более 10 %, можно с уверенностью предположить, что нагрузки на группы сдвоенных осей автосамосвалов зачастую превышают максимально допустимые постановлением Правительства РФ № 2060 18 тонн. Это ведет к ускорению процесса накопления необратимых деформаций в конструкции дорожной одежды.

Автором данной работы предлагается при проектировании автомобильных дорог дополнительно проверять расчетом на проч-

ность конструкцию по схеме нагружения ее группой сближенных сдвоенных осей с межосевым расстоянием, характерным для распространенных на дорогах Российской Федерации транспортных средств.

#### Выводы

Таким образом, в работе рассмотрен вопрос об учете эквивалентных колесных нагрузок при определении максимально допустимых весовых параметров, назначаемых Правительством Российской Федерации в целях обеспечения сохранности и сроков службы автомобильных дорог. Обозначена важность согласованности разрешенных и расчетных параметров нагрузок, принимаемых для автомобильных дорог. Выдвинутая гипотеза связана с проверкой сдвиговых напряжений в слоях конструкций при нагружении группами осей с максимально допустимыми весовыми параметрами.

При проверке выдвинутой гипотезы проведена оценка сдвиговых напряжений. Методика включает определение эквивалентной нагрузки на колесо группы осей с учетом влияния близкорасположенных колес в продольном и поперечном направлении и вычисление вызываемых этой нагрузкой сдвиговых напряжений в несвязном слое конструкции. На основании сравнения вычисленных напряжений с предельно допустимыми определяется удовлетворение рассматриваемой конструкции критерию допустимых напряжений сдвига в несвязном слое при её нагружении нагрузкой в виде группы осей.

Результаты оценки приведены в табл. 2, последний столбец которой содержит процент превышения рассчитанных в проверяемом на сдвиг слое песка напряжений над их предельно допустимой величиной.

Оценивая результаты расчетов, автором сделан вывод о том, что нагружение дорожных конструкций одним из наиболее распространенных способов, каким является проезд сдвоенной группы осей с межосевым

<sup>5</sup> Федеральный закон от 30.12.2001 № 195-ФЗ «Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях».

расстоянием 1,32 м, нагруженной по максимально допустимым величинам в соответствии с требованиями постановления Правительства РФ № 2060, вызывает превышение предельных напряжений в несвязных слоях конструкции. Также существенным является тот факт, что предельные нагрузки на ось разрешается превышать на величину до 10 % в соответствии со ст. 12.21.1 КоАП РФ, что ведет к еще более интенсивному воздействию нагрузок и разрушению существующей сети автомобильных дорог Российской Федерации раньше заложенных проектной документацией и нормативными требованиями сроков. Решение выявленной проблемы автор видит в разработке и внедрении этапа расчета дорожных конструкций на прочность при воздействии нагрузок от сближенных сдвоенных групп осей с межосевым расстоянием в интервале от 1,3 до 1,8 м включительно.

#### Библиографический список

1. Лебедев М. А. Влияние допустимых весовых параметров для грузовых транспортных средств на безопасность движения и сроки службы автомобильных дорог // *Магистратура — автотранспортной отрасли: материалы VIII Всерос. межвуз. науч.-практ. конф. «Магистерские слушания»*, Санкт-Петербург, 26–27 октября 2023 г. СПб.: СПбГАСУ, 2024. С. 51–59.
2. Амиров А. Т. Обоснование назначения расчетных нагрузок дорожных одежд // *Вестник Махачкалинского филиала МАДИ*. 2011. № 11. С. 30–32.
3. Шлеенко А. В., Быковская Н. Е., Поляков Д. А. О составе обоснования инвестиций, проектной и рабочей документации на строительство автомобильных дорог // *Бюллетень строительной техники*. 2022. № 8 (1056). С. 62–64.
4. Радовский Б. С. Об эволюции критерия Кулона: от строительства фортификационных сооружений до проектирования дорог // *Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры*. 2010. № 5-1 (85). С. 109–113.
5. Лебедев М. А. Исторические аспекты развития способов оценки воздействия многоосных транспортных средств на дорожную конструкцию в отечественной нормативно-правовой документации // *Материалы IX Всерос. межвуз. конф. «Магистерские*

*слушания»*, Санкт-Петербург, 24–25 октября 2025 г. СПб.: СПбГАСУ, 2025. С. 164–177.

6. Бондарева Э. Д., Клековкина М. П., Горский М. Ю. Учет влияния многоосных транспортных средств при проектировании дорожных одежд автомобильных дорог // *Инновации и инвестиции*. 2024. № 4. С. 583–586.

7. Бобнева А. Н. Учет воздействия на дорожную одежду многоосных транспортных средств со сближенными осями при перевозке негабаритных и тяжеловесных грузов // *Инновации и инвестиции*. 2022. № 11. С. 269–271.

8. Лебедев М. А. Анализ влияния нагрузки от проезда многоосных многоколесных транспортных средств на дорожную конструкцию // *Перспективы современного строительства: сб. ст. участников II Национальной (Всероссийской) науч.-техн. конф.*, Санкт-Петербург, 04–06 марта 2024 года. СПб.: СПбГАСУ, 2024. С. 578–589.

9. Радовский Б. С., Сунрун А. С., Козаков И. И. Проектирование дорожных одежд для движения большегрузных автомобилей. Киев: Будивельник, 1989. 168 с.

10. Радовский Б. С., Сунрун А. С. Расчёт нежёстких дорожных одежд на действие многоосных многоколесных транспортных средств // *Автомобильные дороги*. 1983. № 4. С. 21–22.

11. Ковальчик Я. П., Сунрун А. С. Воздействие тяжёлого грузового движения на дорожные одежды сельскохозяйственных дорог // *Автомобильные дороги*. 1982. № 12. С. 15–16.

12. Радовский Б. С. Поведение дорожной конструкции как слоистой вязкоупругой среды под действием подвижной нагрузки // *Известия вузов. Строительство и архитектура*. 1975. № 3. С. 78–89.

#### References

1. Lebedev M. A. *Vliyanie dopustimykh vesovykh parametrov dlya gruzovykh transportnykh sredstv na bezopasnost' dvizheniya i sroki sluzhby avtomobil'nykh dorog* [Impact of permissible weight parameters for freight vehicles on traffic safety and road service life]. *Magistratura — avtotransportnoy otrasli. Trudy VIII Vserosc. mezhvuz. konf. «Magisterskie slushaniya», Sankt-Peterburg, 26–27 oktyabrya 2023 g.* [Magistracy of motor transport industry. Proceedings of the VIII All-Russia inter-university conf. “Master’s Hearings,” St. Petersburg, October 26-27, 2023]. St. Petersburg, SPbGASU Publ., 2024, pp. 51–59.
2. Amirov A. T. *Obosnovanie naznacheniya raschetnykh nagruzok dorozhnykh odezhd* [Justification of calculated loads on road pavement]. *Vestnik Makhachkalinskogo filiala MADI — Bulletin of the Makhachkala branch of MADI*, 2011, no. 11, pp. 30–32.

3. Shleenko A. V., Bykovskaya N. E., Polyakov D. A. *O sostave obosnovaniya investitsiy, proektnoy i rabochey dokumentatsii na stroitel'stvo avtomobil'nykh dorog* [On the composition of the justification of investments, design and working documentation for the construction of roads]. *BST: Byulleten' stroitel'noy tekhniki – BST: Bulletin of Construction Machinery*, 2022, no. 8 (1056), pp. 62–64.

4. Radovskiy B. S. *Ob evolyutsii kriteriya Kulona: ot stroitel'stva fortifikatsionnykh sooruzheniy do proektirovaniya dorog* [On the evolution of the Coulomb criterion: from the construction of fortifications to the design of roads]. *Vestnik Donbasskoy natsional'noy akademii stroitel'stva i arkhitektury – Bulletin of the Donbass National Academy of Construction and Architecture*, 2010, no. 5-1 (85), pp. 109–113.

5. Lebedev M. A. *Istoricheskie aspekty razvitiya sposobov otsenki vozdeystviya mnogoosnykh transportnykh sredstv na dorozhnuyu konstruksiyu v otechestvennoy normativno-pravovoy dokumentatsii* [Historical aspects of the development of methods for assessing the impact of multi-axle vehicles on the road structure in domestic regulatory documentation]. *Trudy IX Vseros. mezhvuz. konf. «Magisterskie slushaniya»* [Proceedings of the IX All-Russian inter-university conf. “Master’s Hearings”]. St. Petersburg, SPbGASU Publ., 2025, pp. 164–177.

6. Bondareva E. D., Klekovkina M. P., Gorskiy M. Yu. *Uchet vliyaniya mnogoosnykh transportnykh sredstv pri proektirovanii dorozhnykh odezhd avtomobil'nykh dorog* [Taking into account the influence of multi-axle vehicles in the design of road pavements]. *Innovatsii i investitsii – Innovation and Investment*, 2024, no. 4, pp. 583–586.

7. Bobneva A. N. *Uchet vozdeystviya na dorozhnuyu odezhd mnogoosnykh transportnykh sredstv so sblizhennymi osyami pri perevozke negabaritnykh i tyazhelovesnykh грузов* [Accounting for the impact on road clothes of multi-axle vehicles with close axles when transporting oversized and heavy loads]. *Innovatsii*

*i investitsii – Innovation and Investment*, 2022, no. 11, pp. 269–271.

8. Lebedev M. A. *Analiz vliyaniya nagruzki ot proezda mnogoosnykh mnogokolesnykh transportnykh sredstv na dorozhnuyu konstruksiyu* [Analysis of the impact of the load from the passage of multi-axle multi-wheeled vehicles on the road structure]. *Perspektivy sovremennogo stroitel'stva: sb. st. uchastnikov II Natsional'noy (vserossiyskoy) nauch.-tekhn.konf., Sankt-Peterburg, 04–06 marta 2024 goda* [Prospects for modern construction. Collection of articles of participants of the II National (All-Russian) scientific and technical conference, St. Petersburg, March 04–06, 2024]. St. Petersburg, SPbGASU Publ., 2024, pp. 578–589.

9. Radovskiy B. S., Suprun A. S., Kozakov I. I. *Proektirovanie dorozhnykh odezhd dlya dvizheniya bol'shegruznykh avtomobiley* [Design of road pavements for the movement of heavy vehicles]. *Budivelnik*, 1989, 168 p.

10. Radovskiy B. S., Suprun A. S. *Raschyot nezhyostkikh dorozhnykh odezhd na deystvie mnogoosnykh mnogokolyosnykh transportnykh sredstv* [Calculation of non-rigid road pavements for the action of multi-axle multi-wheeled vehicles]. *Avtomobil'nye dorogi – Automobile Roads*, 1983, no. 4, pp. 21–22.

11. Kovalchik Ya. P., Suprun A. S. *Vozdeystvie tyazhyolozhogo gruzovogo dvizheniya na dorozhnye odezhd sel'skokhozyaystvennykh dorog* [The impact of heavy freight traffic on the road clothes of agricultural roads]. *Avtomobil'nye dorogi – Automobile Roads*, 1982, no. 12, pp. 15–16.

12. Radovskiy B. S. *Povedenie dorozhnoy konstruksii kak sloistoy vyazkouprugoy sredy pod deystviem podvizhnoy nagruzki* [Behavior of the road structure as a layered viscoelastic medium under the action of transported load]. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo i arkhitektura – Bulletin of Universities. Construction and Architecture*, 1975, no. 3, pp. 78–89.