

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Научная статья

УДК 625.731.8:629.027

DOI: 10.70991/1815-896X-2026-1-55-33-48

EDN: АКТРТР



ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИИ И МЕХАНИКИ ПЯТНА
КОНТАКТА ШИНЫ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ НА
ДОРОЖНУЮ ОДЕЖДУ

Николай Алексеевич Ермошин¹
Алексей Евгеньевич Симчук^{2✉}

^{1, 2}Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого (СПбПУ), Санкт-Петербург Россия

¹ermonata@mail.ru

[http:// orcid.org/0000-0002-0367-5375](http://orcid.org/0000-0002-0367-5375)

SPIN-код: 6694-8297; AuthorID: 735873

²alexsimchuk@bk.ru[✉]

SPIN-код: 9267-8471; AuthorID: 1197060

Аннотация: В статье представлены результаты стендового эксперимента по измерению распределения контактного давления пневматической грузовой шины с использованием матричной датчиковой платформы XSENSOR. Действующие методики расчета нежестких дорожных одежд основываются на допущении о равномерности распределения контактного давления колеса на покрытие по площади и по величине и его равенстве давлению воздуха внутри шины, либо фиксированному нормативному значению. Однако результаты экспериментальных исследований свидетельствуют о том, что фактическое контактное давление неоднородно по площади и отличается от давления внутри шины. При проведении исследования зарегистрированы двумерные карты давления в зоне контакта для различных сочетаний вертикальной нагрузки и давления в шине. Установлено, что давление по площади контакта распределено неравномерно. Повышенные значения фиксируются в центральной части, а пониженные в

периферийных зонах контакта. Среднее контактное давление на покрытие оказалось ниже давления воздуха внутри шины. Для количественной оценки неравномерности введен коэффициент приведения давления β , определяемый как отношение среднего контактного давления на покрытие к давлению в шине. По результатам испытаний значения β находятся в интервале 0,44–0,93. Применение коэффициента β позволяет уточнить исходные параметры нагружения при моделировании напряженно-деформированного состояния дорожной одежды и повысить адекватность расчетной схемы реальным условиям работы дорожного покрытия.

Ключевые слова: контактное давление, распределение давления, пневматическая шина, коэффициент приведения давления, расчетная схема нагружения, нежесткая дорожная одежда, грузовой транспорт.

Для цитирования: Ермошин Н.А., Симчук А.Е. Оценка влияния геометрии и механики пятна контакта шины грузового автомобиля на дорожную одежду // Дороги и мосты. 2026. № 55/1. С. 33-48. DOI: 10.70991/1815-896X-2026-1-55-33-48.

ROAD DESIGN AND CONSTRUCTION

Original article

ASSESSING THE IMPACT OF TRUCK TIRE CONTACT PATCH GEOMETRY AND MECHANICS ON ROAD PAVEMENT

Nikolay A. Ermoshin¹
Alexey E. Simchuk²

^{1,2}Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU),
St.Petersburg, Russia

¹ermonata@mail.ru

[http:// orcid.org/0000-0002-0367-5375](http://orcid.org/0000-0002-0367-5375)

SPIN-код: 6694-8297; AuthorID: 735873

²alexsimchuk@bk.ru✉

SPIN-код: 9267-8471; AuthorID: 1197060

Abstract: *This paper presents the results of a bench experiment measuring the contact pressure distribution of a pneumatic truck tire using the XSENSOR matrix sensor platform. Current design methods for flexible pavements are based on the assumption that the contact pressure of the wheel on the pavement is uniformly distributed over its area and magnitude and equal to the air pressure inside the tire or a fixed standard value. However, the*

results of experimental studies indicate that the actual contact pressure is non-uniform over its area and differs from the air pressure inside the tire. During the study, two-dimensional pressure maps were recorded in the contact zone for various combinations of vertical load and tire pressure. It was found that the pressure is distributed unevenly across the contact area. Higher values are recorded in the central part, and lower values are found in the peripheral contact zones. The average contact pressure on the pavement was lower than the air pressure inside the tire. To quantify unevenness, a pressure reduction coefficient β was introduced, defined as the ratio of the average contact pressure on the pavement to the tire pressure. Test results show that β values range from 0.44 to 0.93. Using the β coefficient allows for refinement of the initial loading parameters when modeling the stress-strain state of the pavement and improves the adequacy of the calculation model to actual road pavement operating conditions.

Keywords: contact pressure, pressure distribution, pneumatic tire, pressure reduction coefficient, loading calculation scheme, flexible road pavement, freight transport.

For citation: Ermoshin N.A., Simchuk A.E. Assessing the impact of truck tire contact patch geometry and mechanics on road pavement // Roads and Bridges. – 2026; (55/1): 33-48 (In Russ.). DOI: 10.70991/1815-896X-2026-1-55-33-48.

ВВЕДЕНИЕ

Известные подходы к обоснованию дорожных конструкций при оценке контактного давления колеса на покрытие пренебрегают не только неравномерностью давления в пятне контакта, но и зависимостью давления воздуха внутри шины от фактического режима нагружения. Например, при нормативной осевой нагрузке 115 кН в соответствии с ГОСТ Р 71404-2024 [1] площадь пятна контакта одиночного колеса оценивается порядка 0,072 м², что эквивалентно диаметру отпечатка 30-37 см [1]. Такое давление принимается далее как исходный параметр при расчете напряженно-деформированного состояния дорожной одежды.

Необходимо отметить, что в отечественных нормативных документах прослеживается эволюция подхода к назначению контактного давления. В ВСН 46-72 [2] и ВСН 46-83 [3] для типовых расчетных схем было принято удельное контактное давление порядка 0,5-0,6 МПа. При этом повышение нагрузки на ось учитывалось преимущественно через изменение расчетного диаметра отпечатка, а не через увеличение давления [2, 3]. В последующих нормативных документах данные значения были сохранены [4].

В то же время современные грузовые шины, особенно для магистральных автопоездов и прицепных осей, эксплуатируются при давлениях воздуха внутри шины порядка 0,8-1,0 МПа и выше, что превышает значения, принятые в ряде расчетных схем [5]. Результаты экспериментальных исследований [6] показывают, что в условиях осевых нагрузок в интервале 100-130 кН значения давления в шинах и характерные уровни контактного давления целесообразно рассматривать в диапазоне около 0,9-1,0 МПа. Эти показатели могут приниматься при анализе прочности покрытий, в том числе с учетом температурной чувствительности асфальтобетона.

Специфической особенностью контакта «шина – покрытие» является неравномерность распределения контактных напряжений по площади. Даже в статике контактное давление существенно изменяется по площади отпечатка, а среднее по площади контактное давление может быть меньше или больше давления в шине в зависимости от режима нагружения, конструкции и жесткости шины, а также способа определения «эффективной» контактной площади [7]. Для проектирования нежестких дорожных одежд принципиально важна именно контактная нагрузка на покрытие, тогда как давление внутри шины является лишь косвенно наблюдаемым параметром, который не всегда напрямую совпадает со средним контактным давлением [7].

Таким образом, актуальной задачей является экспериментальная количественная оценка реального распределения контактного давления и введение корректирующих параметров, позволяющих связать давление в шине с эффективными контактными давлениями, применяемыми в расчетах нежестких дорожных одежд. Представленная в данной статье работа направлена на решение именно этой задачи.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Цель исследования заключалась в количественном определении действительного распределения контактного давления в зоне контакта пневматической грузовой шины с жесткой опорной поверхностью и уточнении расчетных параметров нагружения нежестких дорожных одежд на основе экспериментальных данных. Для достижения цели требовалось решить следующие задачи:

- 1) Проведение стендовых испытаний одиночного колеса при различных значениях вертикальной нагрузки и внутреннего давления в шине.

- 2) Регистрацию распределения контактного давления для каждой комбинации нагрузки и давления.
- 3) Определение среднего контактного давления по площади контакта и сопоставление его с давлением воздуха внутри шины.
- 4) Регрессионный анализ влияния нагрузки и давления внутри шины на среднее контактное давление.
- 5) Корреляционный анализ коэффициента приведения давления β для учета различия между давлением в шине и средним контактным давлением.

Анализ зарубежных подходов к учету контактного давления

В зарубежной практике расчета нежестких дорожных одежд также широко применяется модель представления контакта «шина – покрытие» в виде круговой площадки с равномерно распределенным давлением, однако, принятые величины контактного давления и исходные допущения несколько отличаются от установленных в Российской Федерации.

В США классическое руководство AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (1993) [8] использует в качестве базовой расчетной нагрузки стандартную одиночную ось 80 кН с двускатными колесами. В основе методики и производных от нее национальных руководства, базирующихся на результатах дорожного эксперимента AASHTO Road Test, для расчета принимают фиксированное контактное давление порядка 0,56 МПа, равномерно распределенное по круговой площадке контакта. Это значение не зависит от категории дороги, оно относится именно к стандартной нагрузке на ось 80 кН и далее используется для определения напряжений и деформаций в многослойной системе покрытия. Специального различия между давлением в шине и контактным давлением при этом не устанавливается. Нормативом фактически приравнивается расчетное контактное давление к характерному давлению внутри шины.

В более современном руководстве – Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide (MEPDG) [9], разработанном в рамках программы NCHRP 1-37A, принят иной подход. Так, для тяжелых грузовых автомобилей в расчетах используется постоянное давление в шине 0,83 МПа, которое задается как исходный параметр и одновременно принимается как расчетное контактное давление на поверхности покрытия. Это значение заложено по умолчанию в

программную реализацию MEPDG и не привязано к типу дороги или конструкции. Считается, что все проверки выполняются при одном и том же уровне давления в шинах. В результате, в MEPDG также отсутствует явное разграничение между внутренним и контактным давлениями. Предполагается, что шина передает на покрытие давление, равное давлению внутри шины.

В Германии проектирование конструкций дорожных одежд регламентируется RStO 12 [10]. В этом документе вводятся классы нагрузок Bk0,3-Bk100 и принимается эквивалентная 10-тонная ось. Однако конкретное значение контактного давления в RStO 12 не нормируется. Расчет ведется в терминах эквивалентных осей без явной модели пятна контакта. Расчетное давление задается в специализированных рекомендациях RDO Asphalt 09 [11], где применяется механистический метод расчета по многослойной упругой схеме. Для стандартной 10-тонной оси расчетная нагрузка моделируется как две круглые области контакта под колесами с усредненным контактным давлением 0,7 МПа. Это значение используется во всех расчетах независимо от категории дороги и служит отечественным аналогом нормативного давления. В ряде исследований по методике RDO дополнительно рассматривают повышенные значения до 1,0 МПа для анализа перспективного роста осевых нагрузок, но в самих нормативных расчетах закреплено именно 0,7 МПа [11]. Как и в американских нормативах, различие между внутренним и контактным давлениями специально не учитывается. Принимается, что номинальное давление в шине эквивалентно введенному расчетному давлению на площади контакта.

Таким образом, общей особенностью как отечественных, так и зарубежных нормативных документов является использование одной или нескольких фиксированных величин контактного давления для заданных классов нагрузок без явного учета неравномерного распределения напряжений в пятне контакта и влияния реального давления внутри шины. В связи с этим особую значимость приобретают экспериментальные исследования, направленные на количественный анализ характера распределения давления в пятне контакта, оценку среднего контактного давления и коэффициентов, связывающих его с внутренним давлением в шине.

Методика проведения эксперимента

Эксперимент проводился с помощью одиночного колеса грузового автомобиля, установленного на жестком стенде. Для

измерения контактных давлений была применена матричная платформа XSENSOR (тонкий высокочувствительный мат, располагаемый на ровной твердой основе). Площадь коврика превышала ожидаемые размеры пятна контакта. Тензо-коврик включает множество (более тысячи) чувствительных сенсоров, регистрирующих локальное давление. Над ковриком жестко фиксировалось колесо тестового грузового автомобиля таким образом, чтобы протектор шины соприкасался с поверхностью коврика. Шина была оборудована манометром для контроля в ней внутреннего давления.

В испытаниях использовались пневматические грузовые шины двух типоразмеров: 385/65R22.5 и 315/80R22.5. Указанные шины относятся к распространенным типоразмерам грузовых транспортных средств и были использованы для исследования закономерностей распределения контактного давления в пятне контакта при различных сочетаниях вертикальной нагрузки и внутреннего давления. В рамках настоящей статьи экспериментальные данные рассматривались совместно, без выделения отдельной зависимости для каждого типоразмера, что следует учитывать при интерпретации полученных аппроксимирующих соотношений. Фотоснимок испытательной установки показан на **рис. 1**.

Испытания проводились при различных параметрах нагружения. Внутреннее давление в шине (P) последовательно устанавливалось на уровнях 0,6; 0,8; 0,9 и 1,04 МПа, имитируя различное состояние накачки от пониженного до повышенного. Вертикальная нагрузка на колесо (Q) задавалась в диапазоне 1650–4950 кг, ориентировочно 16,0–48,5 кН. Таким образом, эксперимент проводился в широком диапазоне сочетаний P и Q .

Для каждой комбинации заданных параметров P и Q выполнялось статическое нагружение колеса на коврик. После кратковременной стабилизации усилия фиксировалась пространственная картина давления в пятне контакта. Система XSENSOR регистрировала данные распределения давления по всей площади контакта шины с поверхностью.

Зарегистрированные данные представляют собой матрицу значений давления на сетке чувствительных элементов. По полученной двумерной матрице определялась фактическая площадь пятна контакта (A) – суммарная площадь тех элементов, где зарегистрированное давление превышало пороговый минимальный уровень. Одновременно вычислялась сила, действующая на коврик, путем суммирования давления по всем задействованным

датчикам. Такая сила при калибровке соответствует приложенной нагрузке (Q). Далее рассчитывалось среднее контактное давление на покрытие (1):

$$P_{\text{конт}} = \frac{F}{A} = \frac{Q \cdot g}{A}, \quad (1)$$

где

F – суммарная вертикальная сила (Q);

A – эффективная площадь контакта.



Рис. 1. Лабораторная установка для измерения контактного давления шины грузового автомобиля

Кроме того, для каждой пробы фиксировалось текущее внутреннее давление в шине при помощи манометра и контролируемая величина нагрузки. Для количественной оценки отличия среднего контактного давления от давления воздуха внутри шины был введен коэффициент приведения давления β (2):

$$\beta = \frac{P_{\text{конт}}}{P}, \quad (2)$$

где

P – давление воздуха внутри шины (давление накачки).

Таким образом, $\beta < 1$ соответствует режимам, когда среднее контактное давление ниже давления в шине, а $\beta \approx 1$ – режимам, когда среднее контактное давление приближается к давлению внутри шины.

Результаты измерений и их анализ

На **рис. 2** представлена карта распределения давления в пятне контакта шины, зарегистрированная матричной датчиковой платформой XSENSOR при статическом нагружении. Очевидно, что давление по площади пятна контакта распределено неравномерно. Максимальные нагрузки приходятся на центральную область колеса, а по краям пятна контактное давление существенно ниже. В результате среднее по площади давление оказывается меньше внутреннего давления в шине. Данная визуализация наглядно подтверждает, что допущение о равномерном давлении в пятне контакта не выполняется на практике.

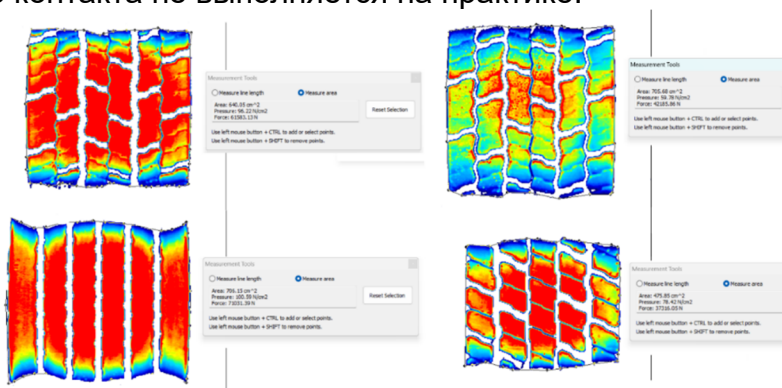


Рис. 2. Экспериментальное распределение давления в пятне контакта шины по данным тензо-коврика XSENSOR
(цветом показан уровень давления: от минимального синего – по краям, до максимального красного – в центре)

Следует отметить, что полученные экспериментальные карты давления имеют самостоятельную инженерную значимость не только с точки зрения определения среднего контактного давления, но и с точки зрения анализа формы распределения контактных напряжений в пятне контакта. Установленная неравномерность распределения с повышенными значениями в центральной части и пониженными значениями в периферийных зонах свидетельствует о формировании локальных областей повышенного давления. Это означает, что при оценке работы верхних слоев

дорожной одежды учет только среднего контактного давления не в полной мере отражает реальные условия нагружения покрытия, поскольку локальные максимумы давления способны определять локальный уровень напряжений в поверхностной зоне. В то же время для слоев основания и грунта определяющее значение в большей степени сохраняет интегральная нагрузка на колесо. В рамках представленной работы такой эффект рассматривается как установленный экспериментальный факт, а его количественное включение в расчетную схему может быть предметом дальнейших исследований.

Для количественной оценки были проведены испытания при различных комбинациях нагрузки и давления. Результаты стендовых испытаний сведены в **табл. 1**, содержащую значения приложенной нагрузки (Q), внутреннего давления (P), измеренной площади пятна контакта (A), рассчитанного среднего контактного давления $P_{\text{конт}}$, а также коэффициента отношения β .

Таблица 1

Данные стендовых испытаний XSENSOR

Нагрузка Q , кг	P , МПа	A , см ²	$P_{\text{конт}}$, МПа	β
1650	0,60	441,19	0,367	0,611
1650	0,80	401,35	0,403	0,504
1650	0,90	375,92	0,430	0,478
1650	1,04	356,97	0,453	0,436
2475	0,60	588,69	0,412	0,687
2475	0,80	534,80	0,454	0,567
2475	0,90	519,68	0,467	0,519
2475	1,04	483,60	0,502	0,483
3300	0,60	696,41	0,465	0,775
3300	0,80	631,82	0,512	0,640
3300	0,90	611,98	0,529	0,588
3300	1,04	576,97	0,562	0,540
4125	0,60	811,99	0,499	0,831
4125	0,80	723,38	0,559	0,699
4125	0,90	680,59	0,595	0,661
4125	1,04	655,53	0,618	0,594
4950	0,60	875,07	0,555	0,925
4950	0,80	789,53	0,615	0,769
4950	0,90	763,83	0,635	0,706
4950	1,04	713,63	0,680	0,654

Из данных **табл. 1** следует, что во всех исследованных режимах среднее контактное давление $P_{\text{конт}}$ меньше давления воздуха внутри шины P . При «нормальных» сочетаниях нагрузки и внутреннего давления среднее контактное давление на опорную поверхность часто оказывается ниже давления внутри шины [8]. Физическая причина этого факта связана с тем, что часть силового равновесия обеспечивается напряженным состоянием оболочки шины, натяжением и жесткостью каркаса/брекера, а контактные напряжения распределяются по площади неоднородно [8]. Анализ влияния параметров нагружения показывает следующие устойчивые тенденции.

1) При фиксированной нагрузке увеличение давления накачки P приводит к росту среднего контактного давления $P_{\text{конт}}$, но одновременно коэффициент β уменьшается, а именно доля передаваемого среднего давления относительно давления в шине становится меньше. Например, при $Q = 1650$ кг увеличение P с 0,60 до 1,04 МПа повышает $P_{\text{конт}}$ с 0,367 до 0,453 МПа, но β падает с 0,611 до 0,436.

2) При фиксированном давлении в шине рост нагрузки приводит к росту $P_{\text{конт}}$ и росту β . Так, при $P = 0,60$ МПа увеличение нагрузки с 1650 до 4950 кг повышает $P_{\text{конт}}$ с 0,367 до 0,555 МПа, а β – с 0,611 до 0,925.

Полученный диапазон $\beta = 0,44-0,93$ подтверждает, что прямое приравнение контактного давления к давлению в шине ($\beta=1$), часто применяемое в расчетных схемах, не является универсально корректным. Практический смысл β состоит в том, что он позволяет перейти от легко контролируемого параметра (P) к величине среднего контактного давления, более релевантной оценке параметров нагрузки в механистических расчетах прочности дорожных одежд.

Для прикладных расчетов, в пределах исследованных диапазонов нагрузки и давления, может быть использовано аппроксимирующее соотношение, полученное при регрессионном анализе экспериментальной выборки (3):

$$\beta \approx 0,805 + 0,008Q - 0,515P, \quad (3)$$

где

Q – нагрузка на колесо, кН;

P – давление в шине, МПа.

Формула (3) носит эмпирический характер и применима только в пределах диапазонов параметров факторного

пространства эксперимента, а также для близких по конструктивным особенностям и типоразмерам шин. Сопоставление расчетных значений среднего контактного давления, полученных по формуле (3), с экспериментальными данными (табл. 1) показало, что в пределах исследованного диапазона параметров максимальная относительная погрешность аппроксимации составляет около 8,5 %, а средняя относительная погрешность – около 2,5 %. Это позволяет рассматривать предложенное соотношение как приемлемое для инженерной оценки среднего контактного давления в пятне контакта в рамках исследованного факторного пространства.

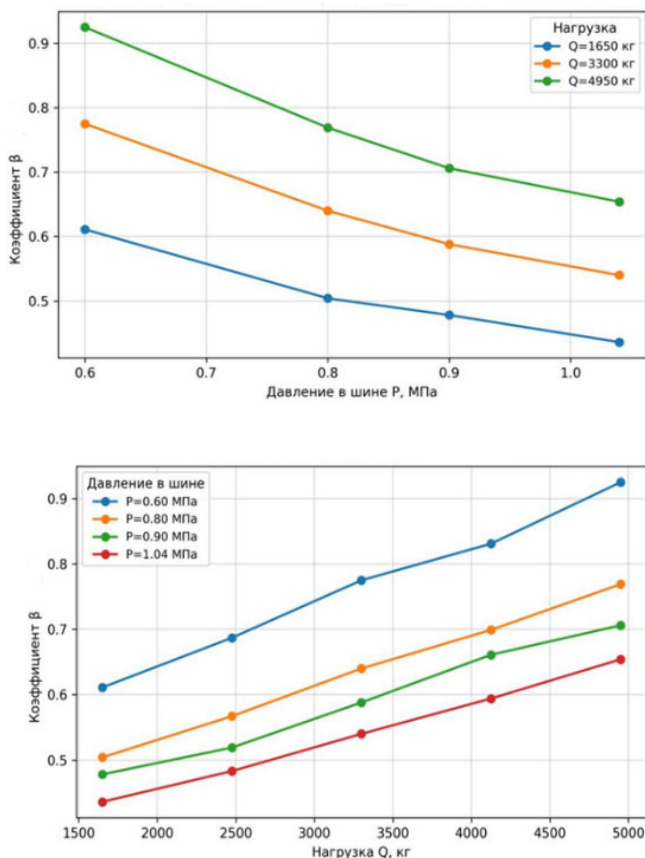


Рис. 3. Зависимости $\beta(Q)$ и $\beta(P)$ по данным XSENSOR

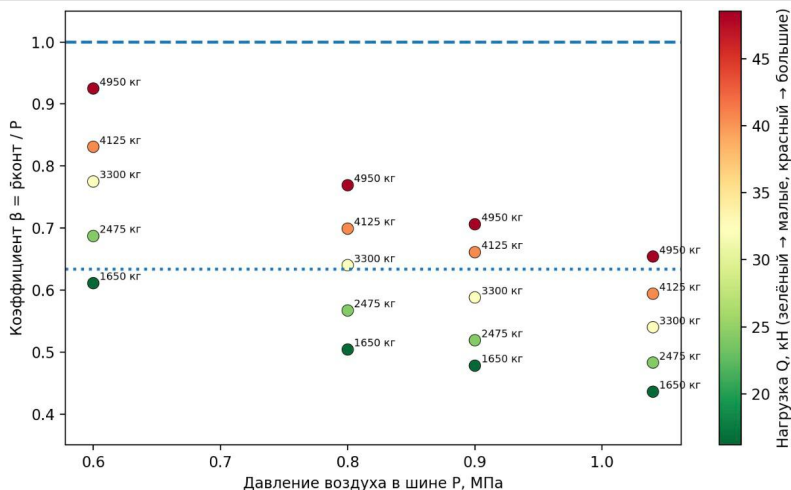


Рис. 4. Сравнение нормативного допущения $\beta = 1$ и экспериментальных значений коэффициента приведения давления β в координатах «нагрузка – давление – коэффициент»

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный стендовый эксперимент по измерению контактного давления с применением матричной датчиковой платформы XSENSOR показал, что распределение давления в зоне контакта шины с опорной поверхностью существенно неоднородно. Повышенные давления наблюдаются в центральных областях отпечатка, а по краям – пониженные, что согласуется с известными результатами исследований контактных напряжений шин грузовых автомобилей [12-15].

Среднее контактное давление во всех исследованных режимах оказалось ниже давления воздуха внутри шины. Предложенный коэффициент приведения давления β по результатам испытания лежит в интервале 0,44-0,93. При повышении давления накачки при фиксированной нагрузке коэффициент β уменьшается, при увеличении нагрузки при фиксированном давлении возрастает.

Сопоставление полученных экспериментальных закономерностей с допущениями, принятыми в отечественных и зарубежных расчетных схемах, показывает, что применение фиксированных значений контактного давления или прямое приравнивание

контактного давления к давлению в шине без учета неравномерности распределения по площади контакта может приводить к методической погрешности при назначении параметров расчетной нагрузки на покрытие [1, 9-11]. Введение коэффициента β позволяет сформировать более гибкую и физически обоснованную связь между давлением в шине и расчетным средним контактным давлением, потенциально повышая точность расчетов напряженно-деформированного состояния дорожных одежд.

© Ермошин Н.А., Симчук А.Е., 2026

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ Р 71404-2024. Дороги автомобильные общего пользования. Проектирование нежестких дорожных одежд. – Введ. 2024-01-01. – М.: Стандартинформ, 2024. – 45 с.
2. ВСН 46-72. Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа. – М.: Транспорт, 1972.
3. ВСН 46-83. Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа. – М.: Транспорт, 1985.
4. Влияние конструкции автомобильных шин на нормирование воздействия расчетной нагрузки на дорожные одежды. Эволюция норм в России / Н.А. Ермошин, А.Е. Симчук // Транспортные сооружения. – 2025. – Т. 12, № 1. – DOI 10.15862/08SATS125. – EDN UMVZRI.
5. Симчук А.Е. Экспериментальные исследования параметров воздействия расчетной нагрузки на дорожные одежды // Вестник ТГАСУ. – 2025. – Т. 27, № 4. – С. 247–268.
6. Горячев М.Г., Лугов С.В., Каленова Е.В. Оценка влияния фактических параметров нагружения на расчет прочности нежестких дорожных одежд // Вестник НЦ БЖД. – 2013. – № 4(18). – С. 15-20.
7. Van Vuuren D.J. Relationship Between Tire Inflation Pressure and Mean Tire Contact Pressure // Transportation Research Record. – 1974. – No. 523. – Pp. 76-85.
8. AASHTO. Guide for Design of Pavement Structures. – Washington, DC: American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993.
9. AASHTO. Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide: A Manual of Practice. – Washington, DC: American Association of State Highway and Transportation Officials, 2008.
10. RStO 12. Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen. – Köln: FGSV Verlag, 2012.
11. RDO Asphalt 09. Richtlinien für die rechnerische Dimensionierung des Asphaltüberbaus von Verkehrsflächen. – Köln: FGSV Verlag, 2009.
12. Hansen R.W., Bertrand C., Marshek K.M., Hudson W.R. Truck tire pavement contact pressure distribution characteristics for super single 18-22.5 and smooth IIR24.5 tires / Austin, TX: Center for Transportation Research, The University of Texas at Austin. – Report No FHWA/TX-90+1190-1. – 1989. – 88 p.

13. Hernandez J.A., Al Qadi I., De Beer M. *Impact of Tire Loading and Tire Pressure on Measured 3D Contact Stresses // Airfield and Highway Pavement 2013: Sustainable and Efficient Pavements (ASCE)*. – 2013.
14. Green, A. J., McRae, J. K., and Murphy, N. R. *Stresses Under Moving Vehicles: Distribution of Stresses on an Unyielding Surface Beneath Stationary and Towed Pneumatic Tires*. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Corps of Engineers, Tech. Rept. 3-545, 1964.
15. Van Vuuren, D. J. *The Allowable Wheel and Axle Mass of Heavy Vehicles*. Univ. of Pretoria, South Africa, DSc dissertation, 1972.

REFERENCES

1. GOST R 71404-2024. *Dorogi avtomobil'nye obshchego pol'zovaniya. Proektirovanie nezhestkih dorozhnyh odezhd*. – Vved. 2024-01-01. – M.: Standartinform, 2024. – 45 s.
2. VSN 46-72. *Instrukciya po proektirovaniyu dorozhnyh odezhd nezhyostkogo tipa*. – M.: Transport, 1972.
3. VSN 46-83. *Instrukciya po proektirovaniyu dorozhnyh odezhd nezhyostkogo tipa*. – M.: Transport, 1985.
4. *Vliyanie konstrukcii avtomobil'nyh shin na normirovanie vozdeystviya raschetnoj nagruzki na dorozhnye odezhdy. Evolyuciya norm v Rossii / N.A. Ermoshin, A.E. Simchuk // Transportnye sooruzheniya*. – 2025. – T. 12, № 1. – DOI 10.15862/08SATS125. – EDN UMVZRI.
5. Simchuk A.E. *Eksperimental'nye issledovaniya parametrov vozdeystviya raschyotnoj nagruzki na dorozhnye odezhdy // Vestnik TGASU*. – 2025. – T. 27, № 4. – S. 247–268.
6. Goryachev M.G., Lugov S.V., Kalenova E.V. *Ocenka vliyaniya fakticheskikh parametrov nagruzheniya na raschyot prochnosti nezhyostkih dorozhnyh odezhd // Vestnik NC BZhD*. – 2013. – № 4(18). – S. 15-20.
7. Van Vuuren D.J. *Relationship Between Tire Inflation Pressure and Mean Tire Contact Pressure // Transportation Research Record*. – 1974. – No. 523. – Pp. 76-85.
8. AASHTO. *Guide for Design of Pavement Structures*. – Washington, DC: American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993.
9. AASHTO. *Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide: A Manual of Practice*. – Washington, DC: American Association of State Highway and Transportation Officials, 2008.
10. RStO 12. *Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen*. – Köln: FGSV Verlag, 2012.
11. RDO Asphalt 09. *Richtlinien für die rechnerische Dimensionierung des Asphaltoberbaus von Verkehrsflächen*. – Köln: FGSV Verlag, 2009.
12. Hansen R.W., Bertrand C., Marshek K.M., Hudson W.R. *Truck tire pavement contact pressure distribution characteristics for super single 18-22.5 and smooth IIR24.5 tires / Austin, TX: Center for Transportation Research, The University of Texas at Austin*. – Report No FHWA/TX-90+1190-1. – 1989. – 88 p.
13. Hernandez J.A., Al Qadi I., De Beer M. *Impact of Tire Loading and Tire Pressure on Measured 3D Contact Stresses // Airfield and Highway Pavement 2013: Sustainable and Efficient Pavements (ASCE)*. – 2013.

14. Green, A.J., McRae, J.K., and Murphy, N.R. *Stresses Under Moving Vehicles: Distribution of Stresses on an Unyielding Surface Beneath Stationary and Towed Pneumatic Tires*. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Corps of Engineers, Tech. Rept. 3-545, 1964.
15. Van Vuuren, D. J. *The Allowable Wheel and Axle Mass of Heavy Vehicles*. Univ. of Pretoria, South Africa, DSc dissertation, 1972.

Информация об авторах

Н.А. Ермошин – доктор военных наук, профессор, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ), Санкт-Петербург, Россия

А.Е. Симчук – аспирант, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ), Санкт-Петербург, Россия

Information about the author

N.A. Ermoshin – Doctor of Military Sciences, Professor, Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU), St.Petersburg, Russia

A.E. Simchuk – Graduate student, Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU), St.Petersburg, Russia

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Рецензент: д-р техн. наук, доцент А.А. Домницкий, заместитель директора департамента научно-технического развития и стандартизации (Федеральное автономное учреждение «Российский дорожный научно-исследовательский институт» (ФАУ «РОСДОРНИИ»)).

Статья поступила в редакцию 27.03.2026. Одобрена после рецензирования 14.04.2026. Принята к публикации 22.04.2026.

The article was submitted 27.03.2026. Approved after reviewing 14.04.2026. Accepted for publication 22.04.2026.