

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2024. Т. 26. № 6. С. 176–187.

ISSN 1607-1859 (для печатной версии)
ISSN 2310-0044 (для электронной версии)

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2024; 26 (6): 176–187.
Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 656.13

DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-6-176-187

EDN: RYSDJG

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЕРЕСТРОЕНИЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ИЗНОС ВЕРХНИХ СЛОЁВ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ

Вера Дмитриевна Тимоховец¹, Анна Андреевна Чепчугова²,
Татьяна Григорьевна Бабич¹

¹Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

²ООО ВСКА, г. Тюмень, Россия

Аннотация. *Актуальность.* Несвоевременный износ верхних слоёв дорожной одежды асфальтобетонного покрытия является повсеместной проблемой как в Российской Федерации, так и за рубежом. Настоящая работа посвящена изучению факторов, влияющих на возникновение несвоевременного износа верхних слоёв дорожного покрытия.

В статье рассматривается изменение состояния покрытия, появляющееся по полосам наката, которое повышает риск возникновения дорожно-транспортных происшествий в определённых обстоятельствах: появление эффекта аквапланирования (потеря сцепления шины автотранспортного средства с поверхностью дороги из-за слоя воды на покрытии), перестроения транспортных средств между полосами, наличие льда на покрытии и т. д.

Проанализированы основные причины образования колеи (грузонапряжённость, нагрузка от подвижного состава, постоянное торможение и старт автотранспортных средств и т. д.) и подробно рассмотрено перестроение транспортных средств как наименее изученный фактор, но являющийся существенной причиной несвоевременного появления износа дорожного покрытия. Визуально выявлены основные типы перестроений и места их наибольшего совершения.

Проведены экспериментальные исследования по сбору статистических данных по интенсивности движения, составу потока, глубине колеи, необходимых для оценки влияния фактора перестроений транспортных средств. При мониторинге улично-дорожной сети г. Тюмени выявлена величина износа асфальтобетонного покрытия.

Результаты. После проведения сравнения величины колеи установлена тенденция к повышенному износу в местах частых перестроений в сравнении с местами их отсутствия либо минимального числа.

Ключевые слова: перестроения транспортных средств, износ асфальтобетонного покрытия, верхние слои дорожного покрытия, колея

Для цитирования: Тимоховец В.Д., Чепчугова А.А., Бабич Т.Г. Изучение влияния перестроений транспортных средств на износ верхних слоёв дорожного покрытия // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2024. Т. 26. № 6. С. 176–187. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-6-176-187. EDN: RYSDJG

ORIGINAL ARTICLE

LANE-CHANGE EFFECT ON ROAD PAVEMENT WEAR

Vera D. Timokhovets¹, Anna A. Chepchugova², Tatyana G. Babich¹¹Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia²OOO VSKA, Tyumen, Russia

Abstract. The wear of the road pavement is a widespread problem both in the Russian Federation and abroad. This work studies factors influencing the untimely wear of road pavements. The article considers the pavement changes along the rolling lanes that increase the risk of accidents in certain circumstances: aquaplaning (loss of the tire adhesion to the road surface due to a water layer), lane-change, ice on the pavement surface, etc. The article analyzes the main causes of track formation (traffic flow, load from rolling stock, constant braking and starting of vehicles) and reconstruction of vehicles is considered in detail as the least studied factor, but making a significant contribution to the untimely pavement wear. The main types of lane-change and the places of greatest commission are determined. Experimental studies concern collection of statistical data on the traffic flow, flow composition, track depth that are necessary to assess the impact factor of vehicle lane change. The road pavement wear is revealed during the monitoring of the street and road network in Tyumen. A tendency to increased wear in places of frequent rearrangements in comparison with places of their absence or minimal number was established after comparing the rut size.

Keywords: lane change, pavement wear, upper layers, track

For citation: Timokhovets V.D., Chepchugova A.A., Babich T.G. Lane-Change Effect on Road Pavement Wear. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2024; 26 (6): 176–187. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-6-176-187. EDN: RYSDJG

В процессе эксплуатации происходит неизбежное разрушение целостности дорожного покрытия, т. е. его деформация [1]. Одним из самых распространенных дефектов асфальтобетонного покрытия является колея. Актуальность исследования причин возникновения деформаций покрытия обусловлена тяжестью последствий, к которым ведет несвоевременное выявление предельно допустимой величины образовавшейся колеи и, как следствие, увеличение числа дорожно-транспортных происшествий (ДТП) [2].

Повышение аварийности на дороге вследствие истирания асфальтобетона является проблемой для всех городов России [3]. Процесс образования колеи негативно сказывается на стиле вождения автомобилистов (повышает напряженность, провоцирует частые объезды гребней наката, увеличивает количество перестроений в менее изношенные полосы), что приводит к увеличению аварийных ситуаций на дорогах.

Обзор дорожно-транспортной аварийности по стране за 2023 г., представленный Научным центром безопасности дорожного движения Министерства внутренних дел Российской Федерации [4], демонстрирует годовое увеличение на 0,8 % количества ДТП, в местах совершения которых выявлены нарушения обязательных требований к эксплуатационному состоянию и обустройству автомобильных дорог общего пользования, что составило 28 942 происшествия [4] (рис. 1).

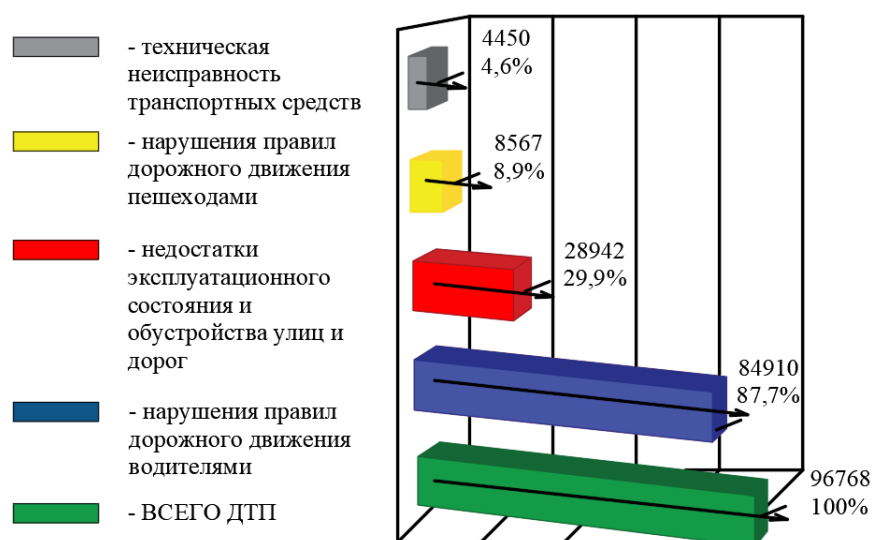


Рис. 1. Количество ДТП в РФ за январь – сентябрь 2023 г. и их основные причины

Fig. 1. The number of road accidents in the Russian Federation in January–September 2023 and their main causes

Согласно диаграмме, представленной на рис. 1, ДТП, случившиеся из-за недостатков эксплуатационного состояния обустройства улиц и дорог, составляют почти треть (29,9 %) от общего числа по России. К выделенной группе причин аналитики Научного центра безопасности дорожного движения относят: отсутствие горизонтальной разметки и дорожных знаков в необходимых местах; дефекты и неровность покрытия; наличие снежных валов на проезжей части; недостаточность освещения; ограниченную видимость на дороге; плохое состояние обочин и пр. По данным Информационно-аналитического обзора МВД [4], неровность покрытия или дефекты на нем являются причиной 14 % ДТП по стране, что демонстрирует необходимость устранения поперечной неровности на дорогах в целях приостановки роста автомобильных аварий в России и, соответственно, последующего снижения данного показателя.

Автомобильный транспорт занимает третье место в структуре пассажирооборота страны (23,6 %), но лидирует в рейтинге самых опасных видов транспорта по числу летальных исходов участников катастроф из расчета на длину пройденного пути [5]: ежегодно в автокатастрофах погибает от 8,5 до 24 тыс. чел. (статистика представлена за последние 10 лет).

Тяжкие последствия ДТП, происходящих из-за деформаций дороги, должны быть предотвращены [6]. Наиболее подходящий способ сведения к минимуму возможных последствий от износа покрытия может быть найден, если определить первопричины образования деформаций. Износостойкость дорожного покрытия характеризуется показателем сопротивляемости асфальтобетона воздействию транспортных средств и обусловлена комплексным влиянием нагрузок от подвижного состава и погоднo-климатических условий [7].

Факторы, определяющие интенсивность появления износа покрытия, можно разделить на механические, погоднo-климатические, грунтово-геологические и пр.

[8]. Если механическое воздействие на дорожное покрытие транспортных средств можно регулировать (человеческий фактор), то погодные-климатические и грунтово-геологические условия не зависят от человека (природный фактор), в связи с чем необходимо подробно рассмотреть факторы человеческого влияния.

К механическим причинам износа можно отнести:

1. **Грузонапряженность.** Ускоренный износ происходит из-за дополнительной нагрузки на дорожное покрытие, которую создают транспортные средства, превышающие рекомендуемые пределы веса для дороги, такие как тяжелые грузовики со двоящими шинами или агрессивным рисунком протектора.

2. **Нагрузка от подвижного состава [9].** Вес и объем транспортных средств, проезжающих по дороге, создают огромную нагрузку. Тяжелые грузовики и транспортные средства с сосредоточенными нагрузками могут ускорить износ дорожного покрытия.

3. **Перестроения автомобилей.** Каждое движение колеса вызывает износ дорожного асфальта из-за трения между резиной и твердой поверхностью дороги. При перестроении автомобиль перемещается из одной полосы в другую, что создает дополнительное механическое воздействие на дорожное покрытие.

4. **Использование шипованных шин [10].** Шипованные шины имеют встроенные в протектор металлические шипы, которые могут врезаться в дорожное покрытие. Такое воздействие создает небольшие углубления, вызывающие локальный износ дорожного покрытия, особенно на асфальтовых поверхностях.

5. **Показатель давления в шинах.** Когда шины не накачаны до необходимого уровня давления, нагрузка на дорожное покрытие распределяется неравномерно, также увеличивается сопротивление качению, что, в свою очередь, повышает износ дорожного покрытия из-за трения.

6. **Резкое торможение и ускорение [11].** При резком торможении или ускорении автомобиля шины более агрессивно сцепляются с дорожным покрытием. Повышенное трение между ним и шинами может привести к истиранию поверхности, в результате чего мелкие частицы материала дорожного покрытия будут изнашиваться.

7. **Высокий скоростной режим автомобилей [12].** Движение на высокой скорости способствует принятию решения об обгоне более медленных транспортных средств. Такой маневр может привести к интенсивному износу в местах смены полосы движения, вызывая выбоины на дорожном покрытии.

На начальном этапе работы авторами был выделен такой параметр, как перестроение транспортных средств, наименее изученный фактор, но являющийся серьезной причиной несвоевременного появления износа дорожного покрытия. Взаимосвязь нескольких факторов может существенно влиять на износ дорожного покрытия, исходя из этого, данный параметр изучался в совокупности с другими причинами, представленными ниже:

1. Нагрузка от подвижного состава.
2. Резкое торможение и ускорение.
3. Использование шипованных шин (сезонно).
4. Грузонапряженность (на характерных участках).

На участках частых перестроений автомобилей наблюдается резкое снижение и последующий набор скорости. В совокупности с весом транспортных

средств и использованием шипованных шин область совершения маневра на дороге подвергается усиленному истиранию. Места маневров часто хаотичны, но наиболее очевидные зоны перестроений можно предугадать и скорректировать, например, при помощи дорожной разметки. При проведении регулярных наблюдений за маневрированием автомобилей на улично-дорожной сети города было выявлено, что перестроения в основном совершаются:

- в начале переходно-скоростной полосы для перестроения в основной поток (чаще при съездах с путепроводов);
- в начале выделенной полосы для правого поворота из основного транспортного потока;
- в начале выделенной полосы для левого поворота из основного транспортного потока;
- в начале выделенной полосы для разворота;
- в месте начала и конца остановочного кармана (общественный транспорт совершает перестроения вправо в карман, легковые автомобили – влево для обгона);
- в местах начала и конца автобусной полосы (общественный транспорт совершает перестроения в основной транспортный поток, легковые автомобили – в специальную полосу).

Для проведения мониторинга частоты перестроений были отобраны места в г. Тюмени, попадающие в зону видения онлайн-камер. Путем перебора были выявлены основные типы перестроений.

1. Перестроения автомобилей в полосу для поворота направо.
2. Перестроения автомобилей в полосу для поворота налево.
3. Перестроения автомобилей (автобусов) вблизи остановочного кармана (рис. 2).

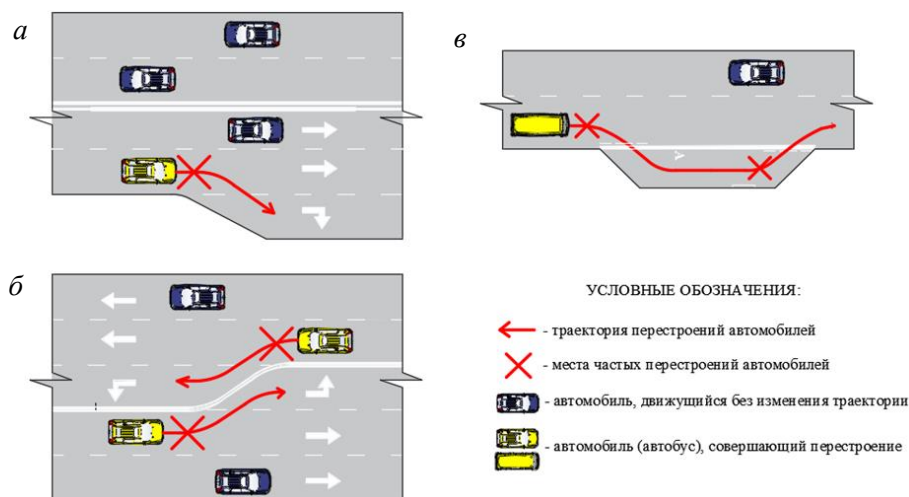


Рис. 2. Основные типы перестроений транспортных средств:

a – в полосу для поворота направо; *б* – в полосу для поворота налево; *в* – вблизи остановочного кармана

Fig. 2. The main types of lane-change:

a – to the lane for turning right; *b* – to the lane for turning left; *c* – near the stop pocket

Согласно представленной на рис. 2 схеме, с большей долей вероятности автомобили начнут совершать перестроения перед выделенными полосами для правого и левого поворота и для заезда и выезда из остановочного кармана.

Для проведения натурных испытаний были выбраны подходящие для осуществления измерений участки, при этом учитывались следующие критерии:

1. Высокая интенсивность движения на пересечении.
2. Наличие камер видеонаблюдения для онлайн-мониторинга.
3. Разнообразный состав транспортного потока.

Критерием, позволяющим значительно сузить круг подходящих измерительных участков, является наличие веб-камер. Для этого составлена таблица с указанием в данных местах интенсивности движения. Подсчет интенсивности движения, приведенной к легковому автомобилю, проводился с помощью ручного учета и с использованием камер видеонаблюдения [13]. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Сравнение мест наиболее частых перестроений автомобилей
на примере г. Тюмени**

Table 1

Most frequent places for lane-change in Tyumen

Место перестроения автомобилей в полосу для поворота направо			
Критерий	Пересечение ул. Республики и ул. Мельникайте при движении по ул. Республики из центра города	Пересечение ул. Ямской и ул. Л. Толстого при движении по ул. Ямской в сторону центра города	Пересечение ул. Республики и ул. Мельникайте при движении по ул. Республики в центр города
Количество полос	5	3	4
<i>N</i> для поворота направо, авт/сут	34 388	14 320	15 635
Состав транспортного потока	Легковые а/м, мотоциклы, автобусы	Легковые а/м, мотоциклы, грузовые а/м, автобусы	Легковые а/м и мотоциклы
Место перестроения автомобилей в полосу для поворота налево			
Критерий	Пересечение ул. М. Горького и ул. 50 лет Октября при движении по ул. 50 лет Октября в сторону центра города	Пересечение ул. Республики и ул. Холдильной при движении по ул. Республики в центр города	Пересечение ул. Республики и ул. Мельникайте при движении по ул. Республики из центра города
Количество полос	4	5	5
<i>N</i> для поворота налево, авт/сут	18 045	13 334	15 447
Состав транспортного потока	Легковые а/м и мотоциклы	Легковые а/м и мотоциклы	Легковые а/м и мотоциклы

Окончание табл. 1
End of table 1

Место перестроения автомобилей вблизи остановочного кармана			
Критерий	Створ ул. Таврической и ул. Л. Толстого при движении по ул. Ямской в сторону ул. Таврической	Створ ул. Холодильной и ул. Мельникайте при движении по ул. Республики в сторону ул. Мельникайте	Створ ул. М. Горького и ул. Профсоюзной при движении по ул. 50 лет Октября в сторону ул. Профсоюзной
Количество полос	2	3	3
N^* для поворота налево, авт/сут	12 927	14 023	17 028
Состав транспортного потока	Автобусы, легковые а/м, мотоциклы, грузовые а/м	Автобусы, легковые а/м и мотоциклы	Автобусы, легковые а/м, мотоциклы, грузовые а/м

* N – интенсивность движения на выделенной полосе.

На основе полученных данных выбраны три участка для проведения измерений таким образом, что разные типы перестроений приходились на улицы города, имеющие различные параметры.

Участки измерения колеи в местах частых перестроений автомобилей:

– № 1 – г. Тюмень, пересечение ул. Республики и ул. Мельникайте в месте перестроений автомобилей в полосу для поворота направо при движении по ул. Республики из центра города.

– № 2 – г. Тюмень, пересечение ул. Республики и ул. Холодильной в месте перестроения автомобилей в полосу для поворота налево при движении по ул. Республики в сторону центра города.

– № 3 – г. Тюмень, створ ул. Таврической и ул. Л. Толстого в месте начала остановочного кармана при движении по ул. Ямской в сторону ул. Таврической.

Следующим этапом работы стало выполнение измерений величины колеи непосредственно в месте начала перестроений транспортных средств и за 10 м до него. Для проведения экспериментального исследования был выбран способ измерения с помощью двухметровой рейки и измерительного щупа [14, 15]. Измерения глубины колеи проводились в дневное время и ясную погоду не реже 3 раз в месяц (рис. 3). В ходе измерения полученные значения в каждом створе были зафиксированы в журнале измерений, фрагмент которого представлен в табл. 2. Период проведения измерений – 03.10.2023–03.06.2024.

Данные о величине колеи на аномальном и на типовом участках, содержащиеся в журналах измерений, были преобразованы в графики для визуального их прочтения (рис. 4). На графиках на оси абсцисс указаны даты проведения измерений, на оси ординат – среднее значение глубины колеи в миллиметрах, полученное как среднеарифметическое из расчетных глубин колеи по левой и правой полосам наката.

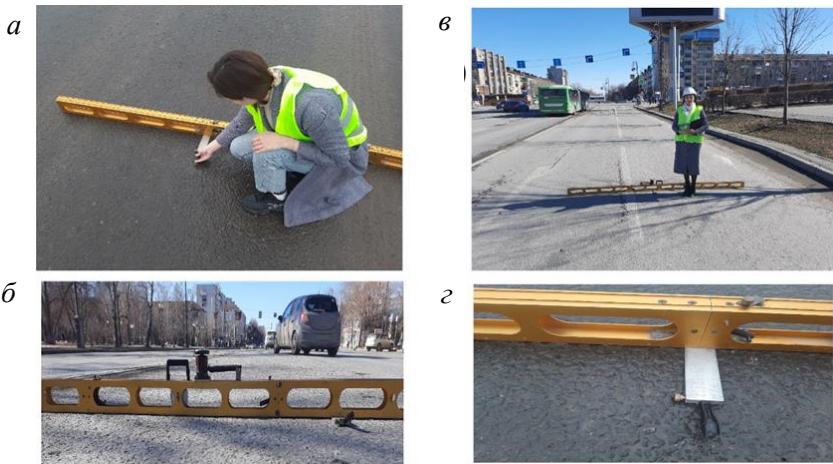


Рис. 3. Измерение величины колеи:
а, б – фотофиксация проведения измерений; в, г – фотофиксация показателей на измерительном щупе

Fig. 3. Rut measurement photography:
а, б – measurements; в, г – measuring probe

Таблица 2

Фрагмент журнала измерений

Table 2

Fragment of measurement log

№ п/п	Дата измерения	Время измерения	Характерные особенности участка	Номер измерения в поперечнике	Глубина колеи, мм		Средняя глубина колеи на участке, мм	
					Левая лоса наката	Правая лоса наката	Левая лоса наката	Правая лоса наката
1	03.10.2023	17:05	Измерения проводились в месте перестроения легковых автомобилей в остановочный карман, расположенный в створе ул. Ямской и ул. Л. Толстого при движении по ул. Ямской из центра города	1	20,6	25,4	27,0	33,4
				2	24,3	31,9		
				3	36,0	43,0		
2	19.10.2023	14:31		1	20,6	25,4	27,0	33,4
				2	24,3	31,9		
				3	36,0	43,0		
3	29.10.2023	16:01		1	20,8	25,9	27,2	34,0
				2	24,8	32,6		
				3	36,2	43,6		
4	05.11.2023	14:46		1	20,8	25,9	27,2	34,0
				2	24,8	32,6		
				3	36,2	43,6		

Окончание табл. 2
End of table

№ п/п	Дата измерения	Время измерения	Характерные особенности участка	Номер измерения в поперечнике	Глубина колеи, мм		Средняя глубина колеи на участке, мм	
					Левая лоса наката	Правая лоса наката	Левая лоса наката	Правая лоса наката
5	20.11.2023	12:57	Измерения проводились в месте перестроения легковых автомобилей в остановочный карман, расположенный в створе ул. Ямской и ул. Л. Толстого при движении по ул. Ямской из центра города	1	20,8	25,9	27,4	34,1
				2	25,0	32,8		
				3	36,5	43,8		
6	30.11.2023	14:08		1	20,8	25,9	27,4	34,1
				2	25,0	32,8		
				3	36,5	43,8		
7	13.12.2023	16:59		1	21,5	27,6	28,5	35,6
				2	26,6	33,9		
				3	37,5	45,4		
8	26.12.2023	15:21		1	21,8	30,0	29,1	37,1
				2	27,2	34,7		
				3	38,4	46,4		
9	05.01.2024	14:32		1	21,8	30,0	31,1	39,1
				2	29,6	37,4		
				3	41,9	50,0		

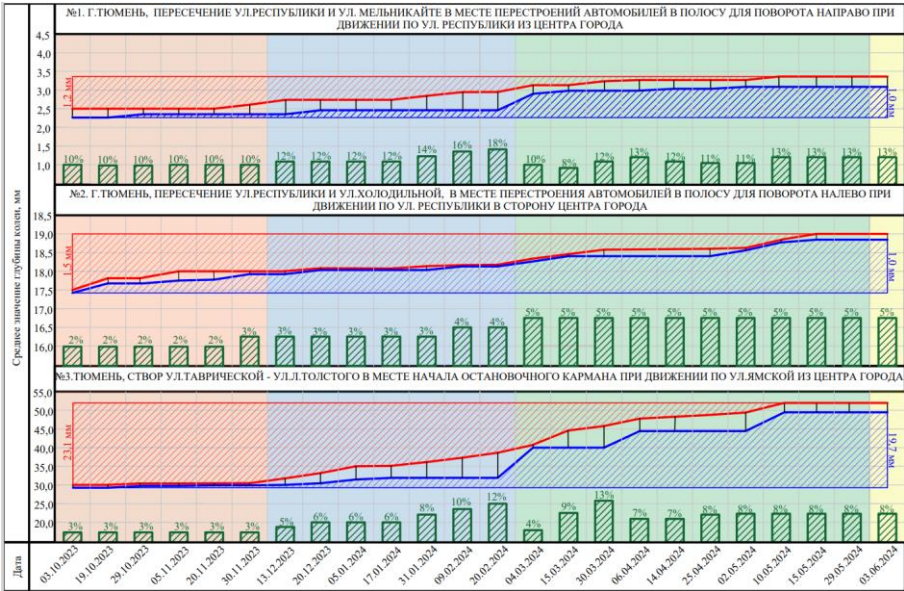


Рис. 4. Величина износа асфальтобетонного покрытия в местах частых перестроений
Fig. 4. Pavement wear in places of frequent rebuilding

Полученные значения величины колеи на участках представлены в табл. 3.

Таблица 3

Сравнение величины колеи на участках

Table 3

Rut values in road sections

Номер измерительного участка	Величина колеи в месте частых перестроений автомобилей, мм		Разница величины колеи, мм	Величина колеи за 10 м до начала места частых перестроений автомобилей, мм		Разница величины колеи, мм	Разница величины колеи, %
	в первый день измерений 03.10.2023	в последний день измерений 03.06.2024		в первый день измерений 03.10.2023	в последний день измерений 03.06.2024		
№ 1	2,5	3,7	1,2	2,2	3,2	1,0	16
№ 2	17,5	19,0	1,5	17,1	18,1	1,0	33
№ 3	30,2	53,3	23,1	29,2	48,9	19,7	15

Процентное представление разницы величины износа покрытия между показаниями в месте частых перестроений автомобилей и в месте их отсутствия позволяет судить о достоверности выдвинутой гипотезы об усиленном износе в местах концентрации маневров транспортных средств.

В ходе проведения исследования были сделаны следующие выводы:

1. Влияние перестроения транспортных средств на глубину колеи составляет 15–33 %.
2. Чем выше интенсивность движения на полосе, тем с большей вероятностью возможны частые перестроения машин.
3. Интенсивность развития колеи непосредственно зависит от количества перестроившихся транспортных средств и состава транспортного потока.
4. Входящие в состав транспортного потока тяжеловесные машины даже при небольшой доле перестроений влияют на образование колеи.

Все вышеуказанные факты подтверждают необходимость регулярного мониторинга данного вопроса на различных транспортных объектах, разработки и принятия комплекса мер по улучшению ситуации с учетом частных факторов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Сафонов Р.А. Типичные дефекты верхнего дорожного покрытия в России // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2020. № 2. С. 75–84. DOI: 10.14529/build200210
2. Угланов Ю.А. Исследование колеиности и определение риска возникновения ДТП на дорогах, подверженных образованию колеи // Техническое регулирование в транспортном строительстве. 2022. № 1 (52). С. 33–39.
3. Джурук Д.С. Методика повышения безопасности дорожного движения на двухполосных дорогах в местах концентрации ДТП на примере Сибирского федерального округа : специальность 05.22.10 : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Санкт-Петербург, 2020. 176 с.

4. Дорожно-транспортная аварийность в Российской Федерации за 9 месяцев 2023 года : информационно-аналитический обзор // Медиабанк : [сайт]. URL: <https://media.mvd.ru/files/embed/4994528> (дата обращения: 11.08.2024).
5. Федеральная служба государственной статистики. Транспорт. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport> (дата обращения: 11.08.2024).
6. Выборнова Н.С. Деформации колеи в асфальтобетонных покрытиях // Вестник науки. 2024. № 5 (74). С. 1719–1721.
7. Каменчуков А.В., Кормилицына Л.В., Лопашук В.В., Цупикова Л.С. Влияние сверхнормативной нагрузки на износ и разрушение дорожной одежды // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 4-1(106). С. 57–63.
8. Бегей А.А., Рябинина М.М. Факторы влияния на образование трещин в асфальтобетонных дорожных покрытиях // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. 2023. № 12 (78). С. 14–18. EDN: HBIDIS
9. Бекенов Т.Н., Мухамбетова А.И. К оценке воздействия автомобильной нагрузки на износ дорожного покрытия // Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения : материалы XI Международной научно-практической конференции. Астана : Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, 2023. С. 124–127.
10. Ковалев Д.И., Шайхутдинова Р.А. Проблемы колееобразования на автомобильных дорогах // Транспортные сооружения. 2022. № 1. Ст. 7. EDN: IJBZOE. DOI: 10.15862/10SATS122. URL: <https://t-s.today/PDF/10SATS122.pdf>
11. Архангельский А.Н. К вопросу о моделировании транспортных и пешеходных потоков в условиях большого города // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. 2021. № 2 (12). С. 4–13.
12. Тимоховец В.Д., Бабич Т.Г. Определение величины износа дорожного покрытия // Construction and geotechnics. 2024. № 1. С. 33–45. DOI: 10.15593/2224-9826/2024.1.03
13. Тестешев А.А., Тимоховец В.Д., Микеладзе Т.Г. Полипараметрические уравнения для дешифровки результатов дистанционного спутникового мониторинга транспортных потоков // Транспортное строительство. 2018. № 5. С. 19–21.
14. Сайрахмонов Р.Х., Мирзозода С.Б., Пирумшох М.С., Шарифов Ф.А. Разработка эффективного способа измерения износа дорожных покрытий // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2020. № 1 (49). С. 115–119.
15. Лушников Н.А., Небратенко Д.Ю. Влияние на изнашиваемость протектора автомобильных шин сцепных свойств дорожного покрытия // Каучук и резина. 2023. № 3. С. 116–121.

REFERENCES

1. Safonov R.A. Typical Defects of Road Pavements in Russia. *Vestnik juzhno-ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: stroitel'stvo i arhitektura*. 2020; (2): 75–84. DOI: 10.14529/build200210 (In Russian)
2. Uglanov Yu.A. Rut and Risk of Accidents on Roads. *Tekhnicheskoe regulirovanie v transportnom stroitel'stve*. 2022. 1 (52): 33–39. (In Russian)
3. Dzhuruk D.S. Methodology for Improving Road Safety on Two-Lane Roads in Places of Accidents in the Siberian Federal District. PhD Thesis. Saint-Petersburg, 2020. 176 p. (In Russian)
4. Road traffic accident rate in the Russian Federation for 9 months of 2023. Available: <https://media.mvd.ru/files/embed/4994528> 1 (accessed August 11, 2024). (In Russian)
5. Federal State Statistics Service. Transportation. Available: <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport> (accessed August 11, 2024). (In Russian)
6. Vybornova N.S. Ruts in Road Pavements. *Vestnik nauki*. 2024; 5 (74): 1719–1721. (In Russian)
7. Kamenchukov A.V., Kormilicyna L.V., Lopashuk V.V., Cupikova L.S. Influence of Excessive load on Pavement Wear and Failure. *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*. 2021; 4-1 (106): 57–63. (In Russian)
8. Begej A.A., Rjabinina M.M. Factors Influencing Crack Formation in Road Pavements. *Vestnik luganskogo gosudarstvennogo universiteta imeni Vladimira Dalja*. 2023; 12 (78): 14–18. (In Russian)
9. Bekenov T.N., Muhambetova A.I. Assessment of Traffic Flow Impact on Road Pavement Wear. In: *Proc. 9th Int. Sci. Conf. 'Relevant Problems of Transport and Energy: Ways of Innovative Solution'*. Astana, 2023. Pp. 124–127. (In Russian)

10. Kovalev D.I., Shajhutdinova R.A. Ruts on Highways. *Transportnye sooruzhenija*. 2022; (1): 7. (In Russian)
11. Arhangel'skij A.N. Towards Modeling of Traffic and Pedestrian Flows in Large City Environment. *Avtomatizacija i modelirovanie v proektirovanii i upravlenii*. 2021; 2 (12): 4–13. (In Russian)
12. Timohovec V.D., Babich T.G. Determination of Pavement Deterioration. *Construction and Geotechnics*. 2024. (1): 33–45. DOI: 10.15593/2224-9826/2024.1.03 (In Russian)
13. Testeshev A.A., Timohovec V.D., Mikeladze T.G. Polyparametric Equations for Decoding Remote Satellite Monitoring Results of Traffic Flows. *Transportnoe stroitel'stvo*. 2018; (5): 19–21. (In Russian)
14. Sajrahmonov R.H., Mirzozoda S.B., Pirumshohi M.S., Sharifov F.A. Development of an Efficient Way to Measure Road Pavement Wear. *Politekhnikcheskii vestnik. Seriya: Inzhenernye issledovaniya*. 2020; 1 (49): 115–119. (In Russian)
15. Lushnikov N.A., Nebratenko D.Ju. Influence of Road Surface Ruts on Wear of Automobile Tires. *Kauchuk i rezina*. 2023; (3): 116–121. (In Russian)

Сведения об авторах

Тимоховец Вера Дмитриевна, канд. техн. наук, доцент, Тюменский индустриальный университет, 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38, timohovetsvd@tyuiu.ru

Чепчугова Анна Андреевна, ООО ВСКА, 625000, г. Тюмень, ул. Спасская, 26, anna.andreevna.ch@gmail.com

Бабич Татьяна Григорьевна, Тюменский индустриальный университет, 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38, babichtg@tyuiu.ru

Authors Details

Vera D. Timokhovets, PhD, A/Professor, Industrial University of Tyumen, 38, Volodarskii Str., 625000, Tyumen, Russia, timohovetsvd@tyuiu.ru

Anna A. Chepchugova, ООО VSKA, 26, Spasskaya Str., 625000, Tyumen, Russia, anna.andreevna.ch@gmail.com

Tatyana G. Babich, Industrial University of Tyumen, 38, Volodarskii Str., 625000, Tyumen, Russia, babichtg@tyuiu.ru

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors contributions

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

Статья поступила в редакцию 11.11.2024
Одобрена после рецензирования 26.11.2024
Принята к публикации 28.11.2024

Submitted for publication 11.11.2024
Approved after review 26.11.2024
Accepted for publication 28.11.2024