

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Институт «Политехнический
Факультет «Автотракторный»
Кафедра «Автомобильный транспорт»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
_____ Ю.В. Рождественский
_____ 2019 г.

Влияние изменения конструкции и количества шипов колес
на тормозные характеристики

ПОЯНТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ ВКР

Консультанты (должность)
Экономическая часть к.т.н., доцент
_____ В.Д. Шепелев
«__» _____ 2019 г.

БЖД д.т.н., профессор
_____ Ю. И. Аверьянов
«__» _____ 2019 г.

_____ И.О.Ф.
«__» _____ 2019 г.

Руководитель проекта (должность)
Профессор, ст. преподаватель
_____ В.А. Городокин
«__» _____ 2019 г.

Автор проекта
Студент группы П-413 _____
_____ П.А. Гусева
«__» _____ 2019 г.

Нормоконтролер (должность)
к.т.н., доцент
_____ П.Н. Баранов
«__» _____ 2019 г.

АННОТАЦИЯ

Гусева П.А. Влияние изменения конструкции и количества шипов колес на тормозные характеристики. – Челябинск: ЮУрГУ, П-413; 2019, 120 с., 33 табл., 41 ил., библиогр. список – 39 наим., 9 прил.

В выпускной квалификационной работе был рассмотрен процесс взаимодействия ошипованной шины на различных покрытиях.

Целью выпускной квалификационной работы является определение коэффициента сцепления шины, оснащенной шипами противоскольжения, в зависимости от их и количества при проведении стендовых испытаний, а также анализ влияния конструкции шипов на сцепные характеристики.

Во введении сформулирована актуальность и практическая значимость выбранной темы, определены основные цели и задачи работы, а также ее предмет и объект.

В первом разделе рассмотрена автомобилизация в мире, Российской Федерации и Челябинской области и выявлена диспропорция между уровнем автомобилизации и уровнем развития автомобильных дорог.

Во втором разделе проведен анализ показателей аварийности в Российской Федерации, Челябинской области и г. Челябинска. Также выявлены основные причины возникновения дорожно-транспортных происшествий.

В третьем разделе рассмотрены конструктивные особенности шипов и их основных элементов. Представлена классификация в зависимости от материала изготовления, количества фланцев на корпусе, сечения сердечника шипа. Рассмотрены основные причины вырывания шипов и способы доошиповки зимних шин.

В четвертом разделе представлена информация о проведенных стендовых испытаниях по определению коэффициента сцепления шины, оснащенной шипами противоскольжения, в зависимости от их и количества на различных покрытиях, в том числе на некоторых видах зимней скользкости. Было рассмотрено применение полученных значений коэффициентов сцепления при производстве автотехнической экспертизы для расчета наличия или отсутствия у водителя транспортного средства технической возможности предотвратить наезд на пешехода.

| | | | | | | | | |
|------------|---------------------|-----------------|----------------|-------------|---|-------------|-------------|---------------|
| | | | | | 23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ | | | |
| <i>Изм</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| Разраб. | Гусева П.А. | | | | <i>Влияние изменения конструкции и количества шипов колес на тормозные характеристики</i> | <i>Лит.</i> | <i>Лист</i> | <i>Листов</i> |
| Провер. | Городокин В.А. | | | | | | 5 | |
| Реценз. | | | | | | ЮУрГУ | | |
| Н. Контр. | Баранов П.Н. | | | | | Кафедра АТ | | |
| Утверд. | Рождественский Ю.В. | | | | | | | |

В пятом разделе проведен расчет экономической эффективности при сравнении ущерба, причиняемого транспортными средствами в результате наезда, при эксплуатации неошипованных колес и шин, оснащенных шипами противоскольжения.

В шестом разделе определены основные методы борьбы с зимней скользкостью в целях повышения коэффициента сцепления, рассмотрены технические требования, предъявляемые к шипам.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|------|
| | | | | | 23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 6 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

| | |
|---|------------|
| Выводы по разделу четыре | 82 |
| 5 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ | 84 |
| 5.1 Определение доли сокращения тормозного пути транспортного средства, оснащенного ошипованными шинами | 84 |
| 5.2 Виды социально-экономического ущерба | 87 |
| 5.3 Расчет величины ущерба от ДТП в результате гибели или ранения людей..... | 88 |
| Выводы по разделу пять..... | 94 |
| 6 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ | 95 |
| 6.1 Способы борьбы с зимней скользкостью..... | 95 |
| 6.2 Требования, предъявляемые к шипам | 97 |
| Выводы по разделу шесть..... | 99 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 100 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК | 101 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ | |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А | 103 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Б..... | 105 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ В | 107 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Г..... | 109 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Д..... | 111 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Е..... | 113 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Ж | 115 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ К | 117 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Л | 119 |

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшим направлением государственной политики и основным фактором, обеспечивающим устойчивое социально-экономическое и демографическое развитие страны, является повышение безопасности дорожного движения, направленное на сохранение жизни, здоровья и имущества граждан Российской Федерации.

Проблема обеспечения безопасности движения на автомобильных дорогах привлекает значительное внимание во всех странах в связи с колоссальным социальным, материальным и демографическим ущербом, наносимым дорожно-транспортными происшествиями. В Российской Федерации с 2007 по 2016 год в ДТП погибло 271 тыс. человек, 2,5 млн. человек были ранены. Около трети погибших составляют люди наиболее активного трудоспособного возраста (26-40 лет), 20% пострадавших становятся инвалидами.

В соответствии со «Стратегией безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018-2024 годы» основными направлениями ее реализации являются:

- изменение поведения участников дорожного движения с целью безусловного соблюдения норм и правил дорожного движения;
- повышение защищенности от ДТП и их последствий наиболее уязвимых участников дорожного движения, прежде всего детей и пешеходов;
- совершенствование улично-дорожной сети по условиям безопасности дорожного движения;
- совершенствование организационно-правовых механизмов допуска транспортных средств и их водителей к участию в дорожном движении;
- развитие системы оказания помощи и спасения пострадавших в результате ДТП.

Существенная доля мероприятий, направленных на повышение безопасности движения на дорогах, связана с совершенствованием конструкции транспортных средств, и прежде всего с развитием тормозных систем, а также оснащением автомобилей такими специальными приспособлениями, как ремни безопасности, мягкая приборная панель, воздушные мешки безопасности и др. Улучшение технологии дорожно-строительных работ и методов проектирования дорог и улиц, в том числе обеспечение должной ровности и шероховатости покрытий и сохранение этих качеств в процессе службы дороги, способствуют повышению безопасности движения.

В Российской Федерации с каждым годом наблюдается постоянное повышение количества приобретаемых транспортных средств, что свидетельствует о повышении благосостояния населения и растущем уровне автомобилизации. Ежегодно прирост парка транспортных средств составляет от 4 до 6%, что в скором времени приведет к приближению показателя автомобилизации к среднеевропейскому.

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 9 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ | | | | |

Не менее важным фактором является то, что при массовой эксплуатации автомобильных шин, оснащенных шипами противоскольжения, становится возможным отказ от использования песка и соли на автомобильных дорогах в зимний период, что позволит улучшить экологическую ситуацию в зоне автотрасс и снизить абразивное и коррозионное воздействие внешней среды на детали транспортного средства.

Однако на настоящий момент информация, представленная в научно-технической литературе, о том, насколько изменяется коэффициент сцепления ошипованной шины на различных покрытиях, достаточно скудна и не апробирована.

В качестве объекта выпускной квалификационной работы выступает шина, оснащенная шипами противоскольжения. Предметом дипломной работы является описание влияния изменения конструкции и количества шипов колес на тормозные характеристики.

Целью данной работы является определение коэффициента сцепления шины, оснащенной шипами противоскольжения, в зависимости от их и количества при проведении стендовых испытаний, а также анализ влияния конструкции шипов на сцепные характеристики.

В соответствии с целью работы были поставлены следующие задачи:

- изучение процесса взаимодействия ошипованной шины на различных покрытиях для определения изменения коэффициента сцепления при проведении стендовых испытаний;
- применение полученных значений коэффициентов сцепления при производстве автотехнической экспертизы для расчета наличия или отсутствия у водителя транспортного средства технической возможности предотвратить наезд на пешехода.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|------|
| | | | | | 23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 11 |

1 АВТОМОБИЛИЗАЦИЯ

1.1 Автомобилизация в мире

Под автомобилизацией понимается оснащённость населения автомобилями. Данный показатель определяется из среднего количества индивидуальных легковых автомобилей, приходящихся на 1000 жителей.

Уровни автомобилизации по странам представлены на рисунке 1.1. Значение показателя варьируется цветом: от темно-красного, обозначающего величину, превышающую 801 авт./1000 жителей, до светло-желтого оттенка, обозначающего диапазон от 1 до 15 автомобилей на 1000 жителей. Серым цветом обозначены страны, информация об уровне автомобилизации которых отсутствует.

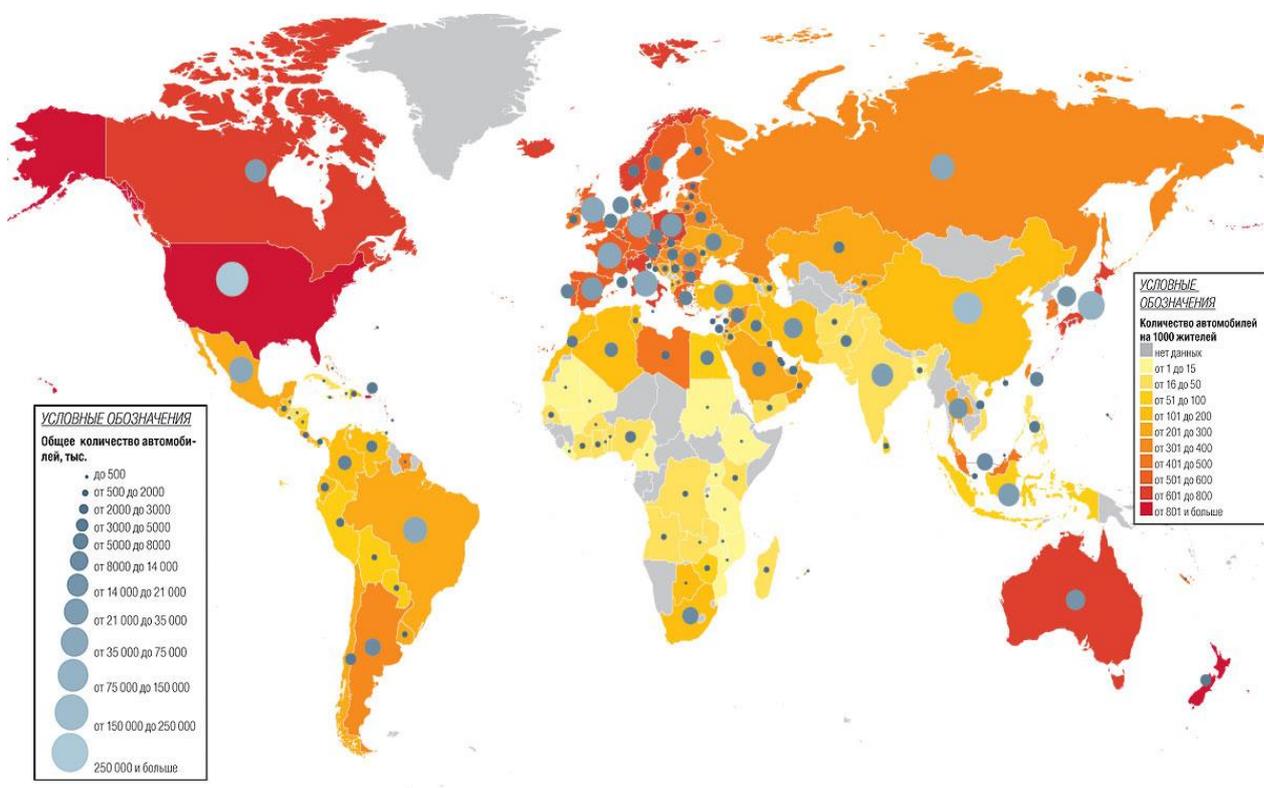


Рисунок 1.1 – Уровень автомобилизации по странам мира

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ

Лист

12

По данным International Organization of Motor Vehicle Manufactures на 2015 год наиболее высокие показатели автомобилизации принадлежат Сан-Марино – 1263, США – 910, Монако – 899, Новая Зеландия – 774, Исландия – 796, Австралия – 740, Люксембург – 739, Канада – 662 [1].

Сравнение показателей автомобилизации по странам представлено на рисунке 1.2.

Анализируя статистику, можно сделать вывод о том, что показатель автомобилизации в России (297 авт./1000 жит.) в два-три раза ниже относительно экономически развитых стран Европы, Азии, Северной Америки. Ожидается, что к 2020 году число автомобилей в мире достигнет 1,3 миллиардов [2]. Среднемировой уровень автомобилизации составляет 182 автомобиля на 1000 жителей [3].

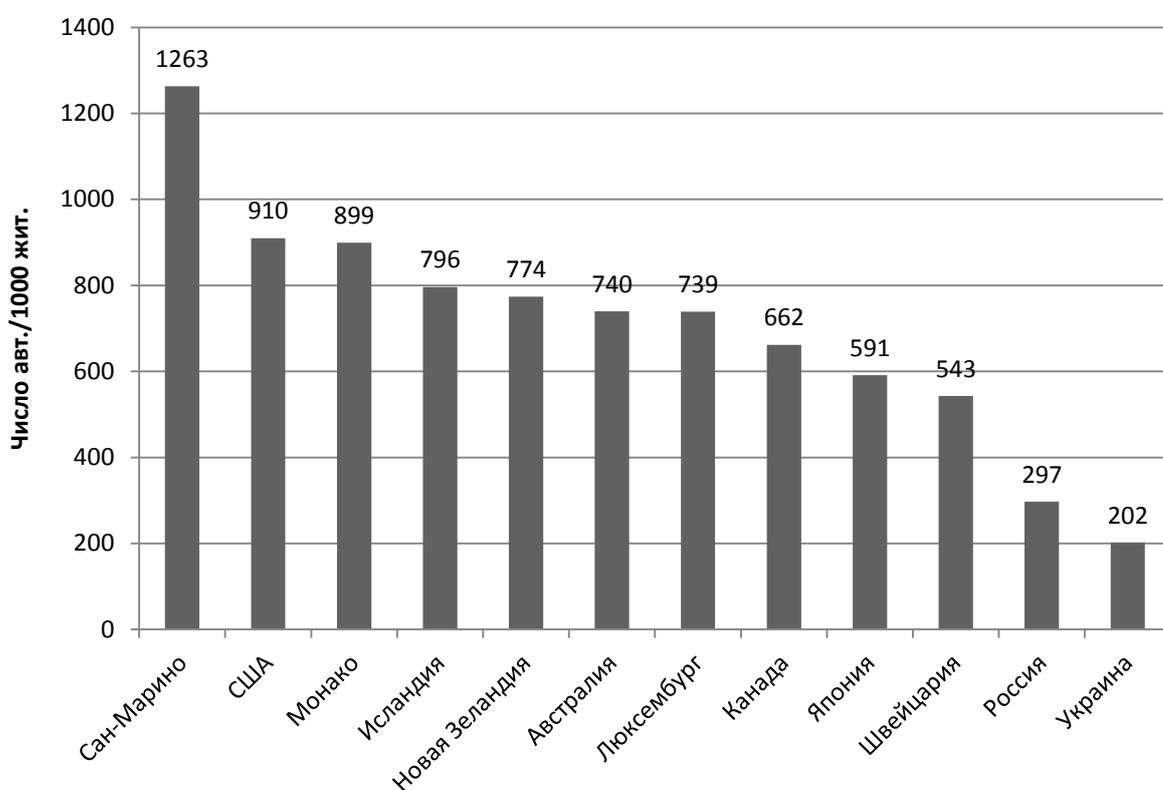


Рисунок 1.2 – Показатели автомобилизации по странам мира

1.2 Автомобилизация в России

В Российской Федерации в течение последних 7 лет наблюдается постоянное увеличение количества приобретаемых транспортных средств, что, несомненно, свидетельствует о повышении уровня благосостояния населения и растущей автомобилизации. Автомобилизация предъявляет требования к уровню развития транспортной сети для удовлетворения потребностей общества и промышленных предприятий.

В Транспортной Стратегии Российской Федерации до 2030 года одной из главных проблем является несбалансированность развития единой транспортной системы страны. Это проявляется в недостаточном развитии существующей транспортной инфраструктуры, а именно в несоответствии уровня развития автомобильных дорог уровню автомобилизации.

Федеральные автомобильные дороги исчерпали свою пропускную способность. С превышением нормативной загрузки эксплуатируется почти 27 процентов протяженности сети. Местная дорожная сеть развита недостаточно, поэтому значительная часть локальных перевозок производится по федеральным дорогам. Ускорение автомобилизации страны пока не привело к соответствующему росту объемов строительства, реконструкции и ремонта дорожной сети, а ремонт автомобильных дорог в последние годы даже несколько сократился. При увеличении за последние 10 лет протяженности автомобильных дорог общего пользования на 15 процентов автомобильный парк вырос более чем в 1,7 раза. В России нет скоростных автомобильных дорог [4].

С 1992 наблюдается дисбаланс темпов увеличения численности парка транспортных средств и протяженности дорожной сети, рост которой не превышает 0,5% в год. Все это существенно сказывается на увеличении числа дорожно-транспортных происшествий. С увеличением численности парка транспортных средств и уровня автомобилизации наблюдается рост интенсивности движения, которая при условии неизменной пропускной способности дорожной сети приводит к заметному повышению уровня загрузки дорог. Ежегодный прирост интенсивности движения на дорогах I и II категорий составлял 2–3% до 1999 года. С течением времени темпы роста значительно увеличились и составили на дорогах II категории 4% (в отдельные годы 5-6%), а на дорогах I категории – 7%.

По данным аналитического агентства «АВТОСТАТ», обеспеченность в среднем по России на 1 июля 2018 года составляет 297 легковых автомобилей, приходящихся на 1000 жителей. Динамика изменения уровня автомобилизации в России в период с 2007 по 2018 год представлена на рисунке 1.3.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|------|
| | | | | | 23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 14 |

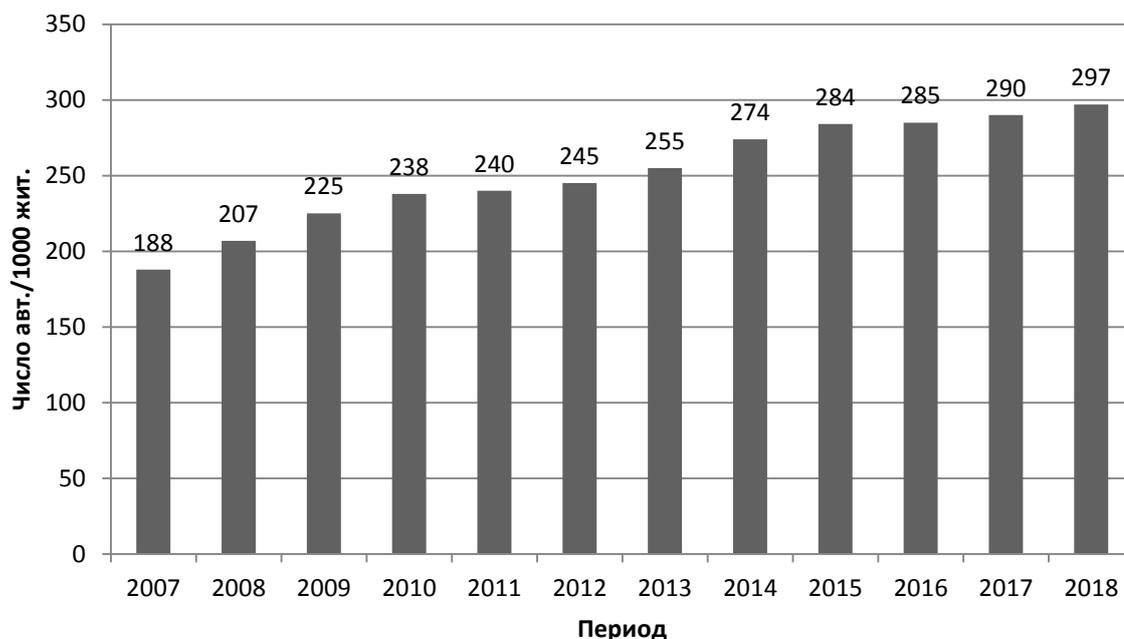


Рисунок 1.3 – Уровень автомобилизации в РФ на период с 2007 по 2018 год

С 2005 года заметен рост уровня автомобилизации в таких странах, как Россия, Китай, Бразилия, Индия. Ежегодный прирост парка транспортных средств на 4-6% способствует увеличению темпов автомобилизации в нашей стране в среднем на 10 автомобилей в год.

Из этого можно сделать вывод, что ввиду сложившейся тенденции к 2025 году уровень автомобилизации в Российской Федерации превысит 400 автомобилей на 1000 жителей, тем самым приближаясь к среднеевропейским показателям.

На основании результатов исследования парка легковых автомобилей в России по состоянию на 1 января 2018 года был получен рейтинг регионов с наибольшей и наименьшей обеспеченностью. В таблице 1.1 представлены показатели автомобилизации по регионам России.

Таблица 1.1 – Уровень автомобилизации в некоторых регионах России

| Регион | Парк легковых, тыс. шт | Население, тыс. чел | Обеспеченность на 1000 чел. |
|----------------------|------------------------|---------------------|-----------------------------|
| Карелия | 219,9 | 622,5 | 353 |
| Калужская обл. | 355,1 | 1012,2 | 351 |
| Московская обл. | 2623,8 | 7503,4 | 350 |
| Калининградская обл. | 346,6 | 994,6 | 348 |
| Рязанская обл. | 373,6 | 1121,5 | 333 |
| ХМАО | 541,4 | 1655,1 | 327 |
| Сахалинская обл. | 159,7 | 490,2 | 326 |

Продолжение таблицы 1.1

| | | | |
|-------------------|-------|--------|-----|
| Оренбургская обл. | 641,2 | 1977,7 | 324 |
| Хабаровский край | 314,3 | 1328,3 | 237 |
| Калмыкия | 65,1 | 275,4 | 236 |
| Алтай | 49,8 | 218,1 | 228 |
| Чувашия | 276,6 | 1231,1 | 225 |
| Дагестан | 543,9 | 3063,9 | 178 |
| Чечня | 197,4 | 1437,0 | 137 |

По уровню автомобилизации в данном рейтинге лидирует Карелия, имеющая обеспеченность 353 легковых автомобилей на 1000 жителей. За ней следуют Калужская область (351 авт.), Подмосковье (350 авт.). Следует отметить, что в Москве и Санкт-Петербурге показатели автомобилизации не уступают среднему по РФ (297 и 317 авт. соответственно). В ряде субъектов РФ обеспеченность легковыми автомобилями ниже среднего уровня. Особенно это характерно для республик Северного Кавказа. Наиболее низкий показатель автомобилизации наблюдается в Чечне – 137 авт. на 1000 жителей [5].

1.3 Автомобилизация в Челябинской области

Одним из крупнейших субъектов Российской Федерации в экономическом отношении является Челябинская область, характеризующаяся развитой инфраструктурой и выгодным транспортно-географическим положением, способствующим развитию межрегионального сотрудничества и выходу на мировой рынок.

Площадь Челябинской области составляет 89 тысяч квадратных километров, на которой проживает около 3,5 миллионов человек.

Деятельность более 50% отраслей экономики Челябинской области ориентирована на использование автомобильного транспорта, эффективность которого связана с уровнем развития автомобильных дорог. Автомобильным транспортом осуществляется более 80% от общего объема грузо- и пассажироперевозок.

По данным агентства «АВТОСТАТ» в Челябинской области на 1 января 2019 года насчитывается 310 автомобилей на 1000 жителей. Парк легковых автомобилей на 01.07.2018 составляет 1078,5 тыс. шт.

С каждым годом в Челябинской области наблюдается рост числа зарегистрированных автотранспортных средств и прицепов к ним. По данным ГИБДД на 2015 год было зарегистрировано 1395147 единиц, в 2016 – 1396864 единиц, в 2017 – 1430214 единиц. Из них:

- легковые автомобили – 1117281 ед.;
- грузовые автомобили категории N₁ – 68059 ед.;
- грузовые автомобили категории N₂ – 33976 ед.;
- грузовые автомобили категории N₃ – 36306 ед.;

времени уровень автомобилизации в Российской Федерации приблизится к среднеевропейским показателям. Была выявлена диспропорция между уровнем автомобилизации России и уровнем развития автомобильных дорог. В нашей стране отмечаются большие различия в уровне автомобилизации населения по регионам: от высоких, в столице и наиболее богатых приграничных и топливдобывающих регионах, до крайне низких, в регионах с недостаточным уровнем развития экономики. В Челябинской области с каждым годом наблюдается интенсивный рост обеспеченности легковыми автомобилями. В настоящее время уровень автомобилизации в регионе выше среднего уровня по России. Однако большинство автомобильных дорог Челябинской области достигли максимума своей пропускной способности, а также имеют низкий уровень технического состояния, сопровождаемого высоким износом. В виду этого была принята государственная программа, основной задачей которой является совершенствование УДС и обеспечение безопасного транспортного сообщения по автомобильным дорогам общего пользования.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|------|
| | | | | | 23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 18 |

2 АВАРИЙНОСТЬ

2.1 Аварийность в мире

Одной из острых и сложных проблем, стоящих перед автомобилизацией, является обеспечение безопасности дорожного движения. В последнее время она приобрела особую остроту из-за дисбаланса прироста количества транспортных средств и протяженностью УДС. От ее решения зависят не только здоровье и жизнь населения, но и развитие экономики страны.

По мнению специалистов, ущерб, связанный с аварийностью, на порядок выше ущерба от пожаров, железнодорожных катастроф и других видов несчастных случаев.

Ежегодно в результате ДТП по всему миру умирают около 1,2 миллионов человек, а от 20 до 50 миллионов получают не смертельные травмы [8].

По данным доклада ВОЗ о состоянии безопасности дорожного движения в мире в странах с низким и средним доходом уровень смертности на дорогах (21,5 и 19,5 на 100 тыс. населения соответственно) выше, чем в странах с высоким доходом (10,3 на 100 тыс.). Свыше 90% случаев смерти на дорогах в мире происходят в странах с низким и средним доходом, на долю которых приходится лишь 48% мирового парка транспортных средств. В странах с низким и средним доходом уровень смертности на дорогах (21,5 и 19,5 на 100 тыс. населения соответственно) выше, чем в странах с высоким доходом (10,3 на 100 тыс.).

Более 50% людей, погибших в результате ДТП по всему миру, относятся к группе «уязвимые участники дорожного движения». Это пешеходы, велосипедисты, водители моторизированных двухколесных транспортных средств. В странах со средним и низким доходом количество зарегистрированных случаев смерти данной группы увеличивается до 70%. Одним из основных факторов риска травматизма среди пешеходов и велосипедистов является скорость движения транспортных средств. Однако только 30% стран удовлетворяют базовым условиям безопасности (согласно рекомендации ВОЗ максимально допустимая скорость в городах – 50 км/ч), и менее 10% государств оценивают принудительное ограничение скорости транспортных средств как эффективное.

Существенные проблемы связаны с качеством и охватом данных о дорожно-транспортном травматизме, собираемых государствами.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 19 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ | | | | | |

Только 22% государств обладают информацией об объемах дорожно-транспортного травматизма, сведениями для оценки и контроля эффективности мер вмешательства, а также о финансовых убытках национальной экономики, в частности, в секторе здравоохранения [9].

Согласно прогнозам ВОЗ к 2030 году дорожно-транспортный травматизм возрастет и займет пятое место в списке основных причин смертности.

Сравнение показателей смертности в результате ДТП по странам мира представлено на рисунке 2.1. Один из самых высоких показателей смертности в ДТП принадлежит Ливии (73,4 на 100 тыс. человек). Уровень смертности в ДТП в России составляет 18,9.

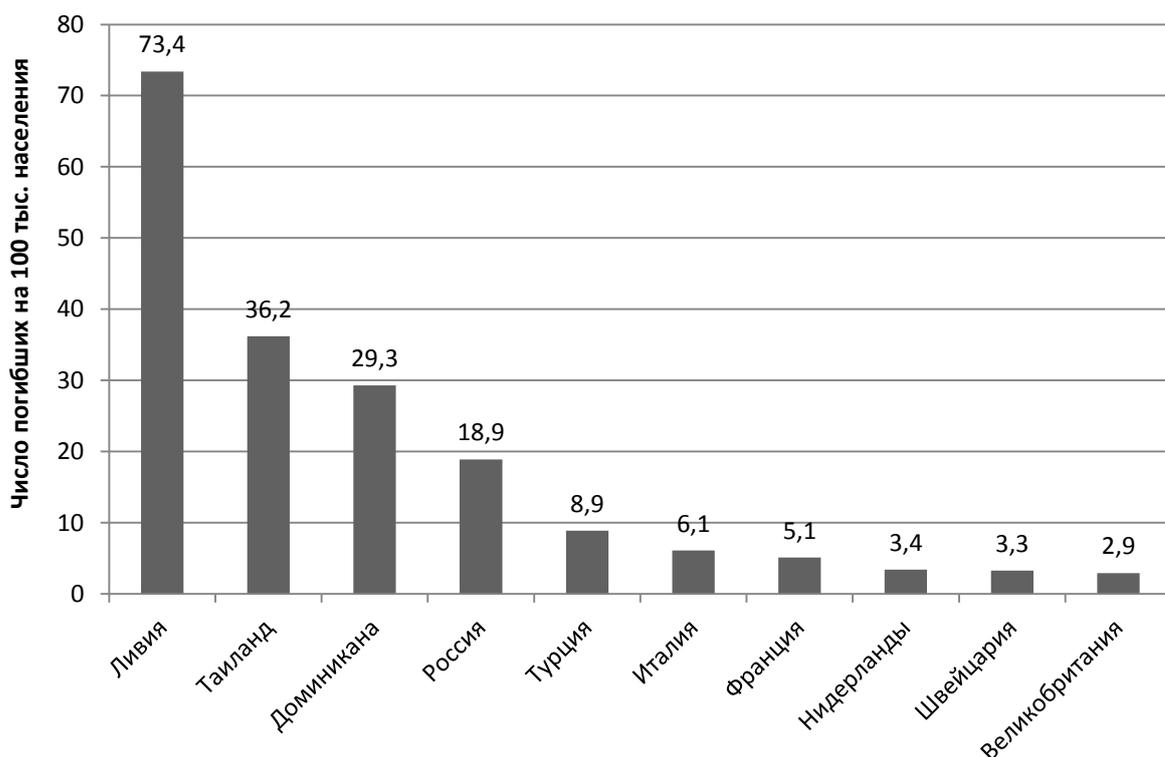


Рисунок 2.1 – Уровни смертности в ДТП по странам мира

2.2 Аварийность в России

По данным ГИБДД в Российской Федерации за 2015 год было совершено 184000 ДТП, в результате которых ранено 231197 человек, погибло 23114 человек.

За 2016 год в Российской Федерации было совершено 173694 ДТП, в результате которых ранено 221140 человек, погибло 20308 человек.

За 2017 год в Российской Федерации было совершено 169432 ДТП, в результате которых ранено 215374 человек, погибло 19088 человек.

За 2018 год в Российской Федерации было совершено 168099 ДТП, в которых ранено 214853 человек, погибло 18214 человек.

Статистика дорожно-транспортных происшествий в Российской Федерации с 2015 по 2018 год представлена на рисунке 2.2. На основании данных ГИБДД наблюдается тенденция снижения общего числа дорожно-транспортных происшествий, а также количества погибших и раненых человек в результате их совершения [6].

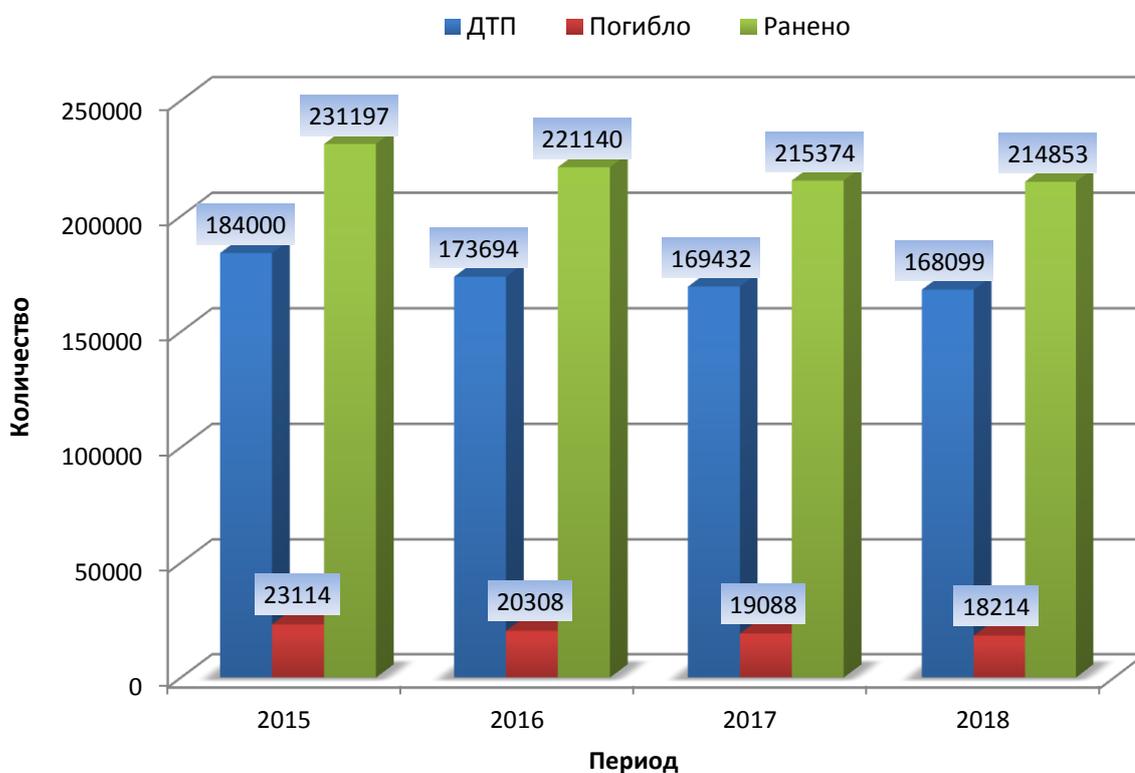


Рисунок 2.2 – Данные по ДТП в России за период с 2015 по 2018 годы

Анализируя статистику ГИБДД за 2018 год можно сделать вывод о том, что по сравнению с прошлым годом наблюдается увеличение количества ДТП по ряду регионов, таких как Республика Карелия, Ярославская область, Кировская область, Краснодарский край, Республика Северная Осетия-Алания, Свердловская область, Республика Алтай, Еврейская автономная область. К регионам, в которых произошло снижение количества ДТП, относятся Московская область, Ульяновская область, Ненецкий автономный округ, Ростовская область, Чеченская Республика, Челябинская область, Магаданская область. За 2018 год наблюдается сокращение общего числа дорожно-транспортных происшествий во всех федеральных округах, за исключением Северо-Западного, Приволжского и Уральского. В данных федеральных округах количество ДТП увеличилось по сравнению с 2017 годом на 1,8%, 0,9% и 0,3% соответственно.

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
|------|------|----------|---------|------|

23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ

Лист

21

2.3 Аварийность в г. Челябинске и Челябинской области

По данным ГИБДД в г. Челябинске за 2015 год было совершено 1962 ДТП, в результате которых ранено 2391 человек, погибло 87 человек.

За 2016 год в Российской Федерации было совершено 1736 ДТП, в результате которых ранено 2173 человек, погибло 59 человек.

За 2017 год в Российской Федерации было совершено 1872 ДТП, в результате которых ранено 2359 человек, погибло 52 человек.

За 2018 год в Российской Федерации было совершено 1772 ДТП, в которых ранено 2229 человек, погибло 72 человек.

На рисунке 2.3 отображено изменение числа ДТП в г. Челябинске за период с 2015 по 2018 годы. В 2018 году наблюдается тенденция снижения количества ДТП по сравнению с предыдущим годом.

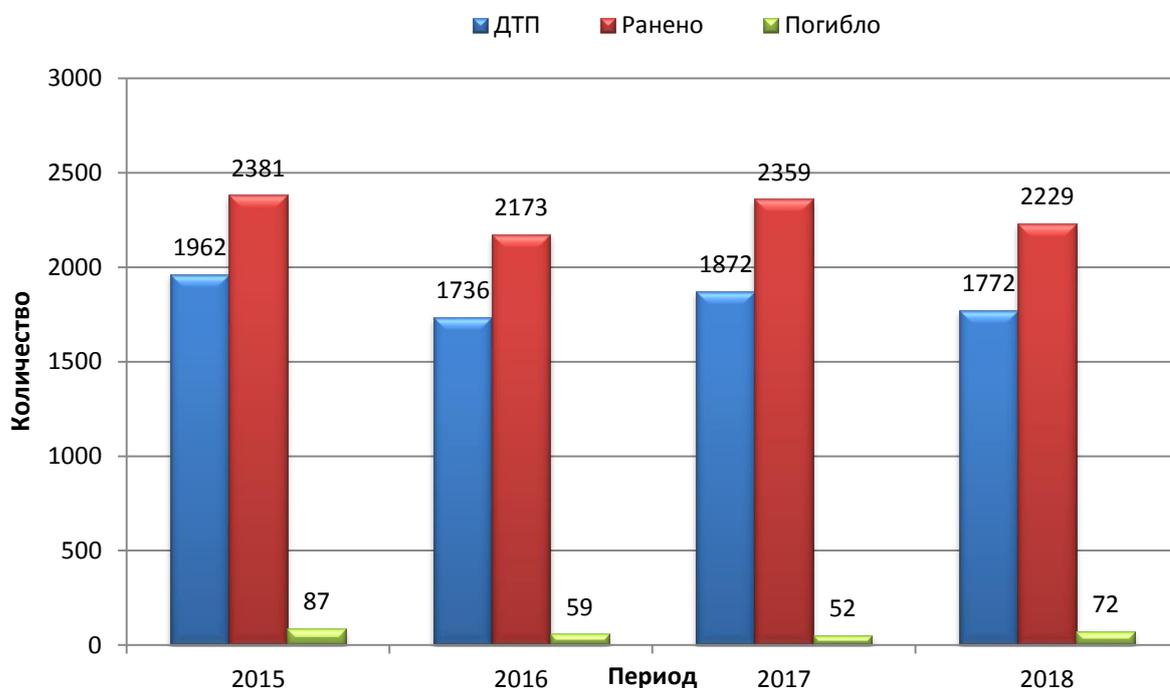


Рисунок 2.3 – Число ДТП в г. Челябинске с 2015 по 2018 годы

Данные по ДТП и пострадавшим по времени года за период с 2015 по 2019 годы в Российской Федерации и Челябинской области представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Данные по ДТП, произошедшим в России и Челябинской области

| Дорожно-транспортные происшествия | Российская Федерация | | | Челябинская область | | |
|-----------------------------------|----------------------|---------|--------|---------------------|---------|--------|
| | ДТП | Погибло | Ранено | ДТП | Погибло | Ранено |
| произошедшие летом 2015 | 53 466 | 6798 | 68 493 | 1311 | 184 | 1551 |

Одним из серьезнейших факторов, оказывающих негативное воздействие на обстановку, является растущая диспропорция между интенсивностью движения транспортных средств и состоянием дорожной инфраструктуры, и как следствие, в 2017 году, каждое третье ДТП было связано с неудовлетворительными дорожными условиями.

Большой ущерб экономике Российской Федерации наносится в результате последствий ДТП, связанных с ранением и гибелью населения, повреждением материальных ценностей. Одним из главных критериев при принятии решений в процессе государственного управления в сфере безопасности дорожного движения является стоимостная оценка последствий ДТП, используемая во всех странах, где развита автомобилизация. Данные оценки позволяют провести соответствующие расчеты при разработке на различных уровнях управления целевых программ, проектов и проведении профилактических мероприятий в этой сфере.

Выводы по разделу два

В данном разделе был проведен анализ показателей аварийности в Российской Федерации, Челябинской области и г. Челябинска. Постоянное повышение уровня автомобилизации оказывает негативное влияние на состояние аварийности. По данным ГИБДД в России наблюдается тенденция снижения общего числа дорожно-транспортных происшествий, а также количества погибших и раненых человек в результате их совершения. В Челябинской области отмечается снижение количества ДТП за 2018 год по сравнению с предыдущим годом. Наиболее аварийными днями в 2018 году стали пятница и суббота, а периодами суток – с 17.00 до 19.00 часов. Одними из основных причин возникновения ДТП являются неудовлетворительное состояние дорожного полотна практически на всей территории РФ и вождение в состоянии алкогольного или иного опьянения. Изменение погодных условий в существенной мере влияет на коэффициент сцепления с дорожным полотном, следовательно, нельзя недооценивать важность и необходимость использования ошипованных шин в зимний период времени. Именно их эксплуатация позволяет увеличить сцепление с дорогой и предотвратить дорожно-транспортные происшествия.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|------|
| | | | | | 23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 24 |

3 КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ШИПОВ

3.1 История развития шипов

Первые шипы из металлов на шинах появились в начале прошлого века. Они использовались не только для улучшения сцепления с дорожным покрытием, но и для повышения износостойкости шин, изготовленных из кожи или из цельнолитой шины.

В начале 60-х годов в Скандинавии появились шипы более традиционной, для настоящего времени, конструкции. В основе лежала стальная заклепка, в тело которой запрессовывалась твердосплавная вставка. В таком виде шип монтировался в протектор шины. Значительные достоинства ошипованных шин в зимний период были оценены водителями не только скандинавских, но и европейских стран [11].

На сегодняшний день, как и много лет назад, шипы противоскольжения состоят из двух деталей: корпуса и твердосплавной вставки (штифт), запрессованной или впаянной в него. Корпус должен обеспечивать удержание шипа в теле протектора в течение всего срока службы шины. А твердосплавная вставка (штифт) взаимодействует с дорожной поверхностью, повышая коэффициент сцепления на скользких покрытиях [12].

С течением времени штифт стал намного прочнее. Его делают из сплава, содержащего карбиды вольфрама, ниобия, титана. Большие изменения претерпел корпус. Первоначально он напоминал заклепку, в которую вставили кусочек проволоки или иглу. Поэтому в обиходе такой шип получил название «гвоздь». Корпус был выполнен из стали, а прочность подбирали так, чтобы износ происходил примерно с такой же скоростью, что и у протектора шины. Однако вес шипа был достаточно значительным – от 2 до 10 граммов, в зависимости от размера шины.

По мере разворачивания борьбы за сохранение покрытия дороги вес шипов уменьшался и были разработаны модели с корпусами, выполненными из пластмассы. Масса пластмассового шипа вместе со штифтом составлял около 0,7 грамма. Однако проведенные эксплуатационные испытания, показали, что данный материал плохо переносит низкие температуры и нагрузки. Как результат, шипы выпадали из шины.

На сегодняшний день наиболее распространенной моделью является шип, корпус которого выполнен из алюминия, а штифт из соединений карбида

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 25 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ | | | | |

мягкой резины, способствующая утапливанию шипа внутрь, для наименьшего повреждения дороги и увеличению комфортности поездки [14].

Одной из основных проблем, связанных с негативным воздействием ошипованных шин на поверхность покрытия, является разрушение дорожного полотна, ведущее к его повышенному износу. Ввиду этого, эксплуатация шин, оснащенных шипами противоскольжения, ограничена или запрещена в ряде таких стран, как Румыния, Чехия, Венгрия, Польша, Болгария, Бельгия, Германия, Македония, Нидерланды, Турция [15]. На рисунке 3.2 красным цветом отображены страны, где эксплуатация ошипованных шин запрещена, синим – разрешена.

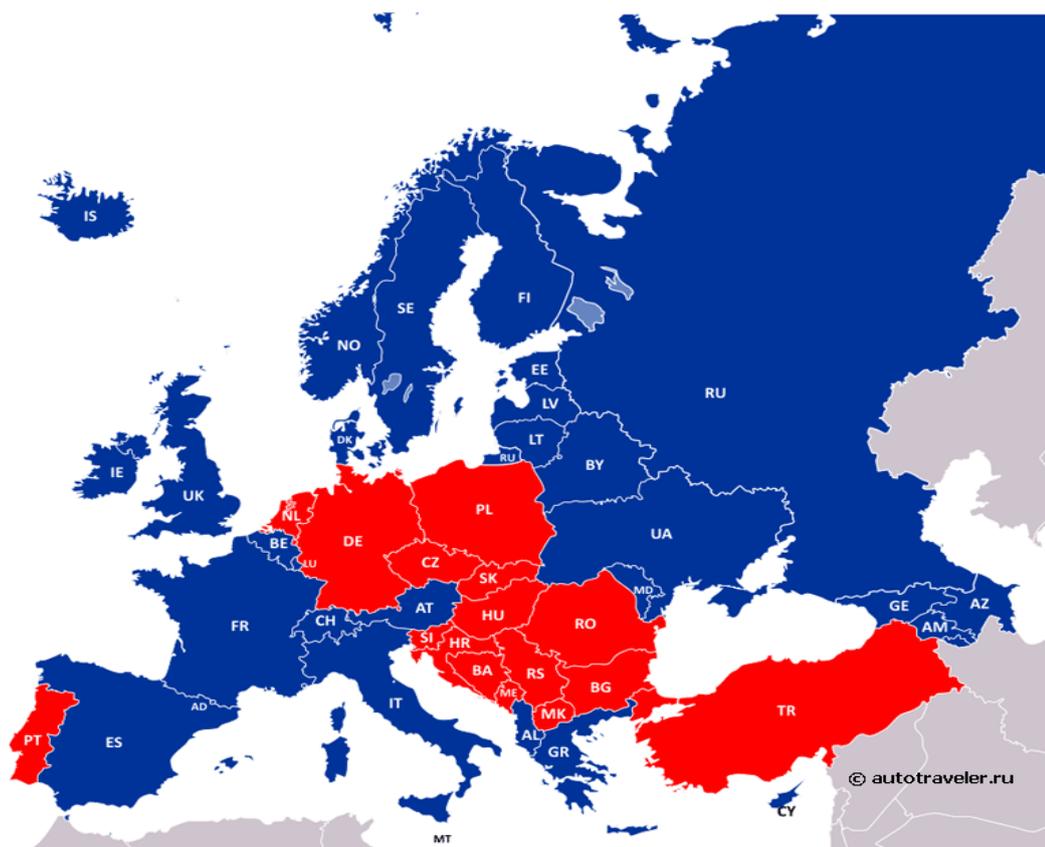


Рисунок 3.2 – Страны, в которых запрещено и разрешено использование ошипованных шин

В некоторых странах эксплуатация ошипованных шин разрешена на определенный период. Так, с 01.11 по 15.04 разрешено движение в Норвегии, Финляндии, Дании, Исландии; с 01.11 по 30.04 – в Швейцарии, однако запрещено использовать ошипованные шины при движении по автомагистралям [16].

Отличительной особенностью скандинавских стран является то, что при уборке снега его не счищают до асфальта, а оставляют слой в несколько сантиметров. Затем его укатывают при помощи специальной техники и посыпают гравием или гранитной крошкой. Этот метод не избавляет от гололеда, однако увеличивает коэффициент сцепления с дорогой и не дает

ошипованным шинам оказывать разрушительное воздействие на дорожное полотно [17].

Автомобиль с ошипованными шинами производит больше шума при движении, расход топлива увеличивается. На влажном и сухом твердом покрытии ошипованные шины равны или уступают неошипованным ввиду уменьшения пятна контакта с дорогой [18]. При этом тормозной путь увеличивается до 10%. Одним из основных преимуществ ошипованных шин является значительное сокращение тормозного пути на скользком покрытии по сравнению с неошипованными шинами. Более того, как показали проведенные шведские исследования, ошипованные шины позволяют снизить риск участия в дорожно-транспортном происшествии на скользких покрытиях на 20-50% [19, 20].

Особое внимание необходимо уделить ошиповке шин грузовых автомобилей. Изначально грузовая техника оснащалась грубыми и тяжелыми шипами, позволяющими ему двигаться вверх по крутому склону. Но постепенно стали появляться определенные трудности. Учитывая большой пробег грузового автомобиля по трассе в течение сезона, велика вероятность смены шин за этот период несколько раз. Более того, диаметр шины грузового автомобиля на порядок больше, чем у легкого, следовательно, и количество шипов также увеличивается, что влияет на стоимость. Не менее важным фактором является то, что шины грузовых автомобилей оснащены более толстыми и тяжелыми шипами, что негативно сказывается на износе дорожного полотна.

В Российской Федерации за последние пятнадцать лет намечается слабая тенденция роста спроса на грузовые шипы. Как правило, шипами оснащаются грузовые автомобили, выполняющие работы в условиях крайнего севера, на лесозаготовках, осуществляющих перевозки через скандинавские страны и т.д.

По словам представителя завода «КамАЗ», в грузовом автотранспорте нет четкого разделения на зимние и летние шины, как в легковом, соответственно, шипы на них не ставятся. Грузовики отличаются по нагрузке на дорожное покрытие от легковых автомобилей. Они многотонные и необходимости в шипах для грузовиков нет.

В одном из своих интервью представитель официального дилера ОАО «Нижекамскшина» – единственного производителя шин для грузовиков в России – сообщила, что специальная зимняя резина на предприятии не производится, использовать ее большинство водителей считают нецелесообразным. «Ставить на грузовую машину специальную зимнюю, в том числе ошипованную, резину не очень целесообразно – мы будем разбивать дороги, – сказала она. – По словам водителей, с которыми мы общаемся, всесезонного круглого рисунка протектора даже на заснеженной дороге вполне хватает, чтобы уверенно себя чувствовать».

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 28 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ | | | | |

По мнению Валерия Войтко, председателя межрегионального профсоюза дальнобойщиков, зимние шины предназначены для эксплуатации исключительно на снежном, не асфальтовом покрытии, поэтому они используются в скандинавских странах, как правило, с ноября по март. При эксплуатации на чистом асфальте такие шины будут приходить в негодность в течение одного-двух месяцев. Председатель Межрегионального профсоюза водителей-профессионалов Александр Котов считает, что эффекта от приобретения и эксплуатации специальных зимних шин нет. «Если машина не прошла подъем на той скорости, на которой она на него входила, а немного сбросила скорость – кто-нибудь из легковых машин запер подъем, и водитель потерял обороты, – то любое увеличение тягового момента приведет к пробуксовке колеса независимо от того, какая резина там стоит», – сказал он [21].

3.2 Нормирование типов и размеров шипов противоскольжения

В соответствии с ГОСТ Р 33672-2015 высота выступа износостойкого элемента шипа должны составлять:

- $(1,2 \pm 0,3)$ мм для легковых шин;
- $(1,7 \pm 0,3)$ мм для легких грузовых шин;
- $(2,5 \pm 0,3)$ мм для грузовых шин.

Крепление износостойкого элемента в корпусе шипа должно обеспечивать надежное удержание его во время всего срока эксплуатации.

Сила удержания шипа в резине протектора должна быть не менее:

- 150 Н (15 кгс) – для легковых шин;
- 200 Н (20 кгс) – для легких грузовых шин;
- 400 Н (40 кгс) – для грузовых шин.

Размеры шипов и их назначение должны соответствовать рисунку 3.3 и таблице 3.1. На рисунке 3.3: D – диаметр наибольшего фланца, L – длина шипа [22].

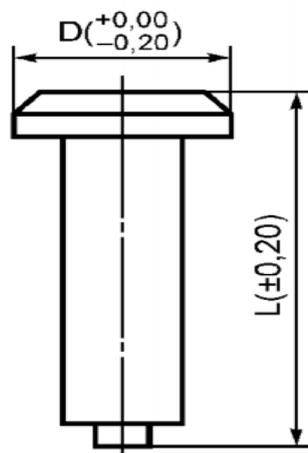


Рисунок 3.3 – Размеры шипа

Таблица 3.1 – Размеры шипов и их назначение

| Диаметр наибольшего фланца D , мм | Назначение шипа ¹⁾ | Длина шипа L , мм |
|--|-------------------------------|-------------------|
| 6,5 | л | 8-12 |
| | лг | 12-15 |
| 8,0 | л | 10-16 |
| | лг | 11-16 |
| | г | 12-20 |
| 9,0 | л | 10-16 |
| | лг | 12-16 |
| | г | 12-24 |
| 10,0 | лг | 10-16 |
| | г | 12-24 |
| 11,0 | г | 15-30 |
| 12,0 | | |
| 13,0 | | |
| 15,0 | г | 18-30 |
| 16,0 | | |
| ¹⁾ Для легковых шин (л), для легких грузовых шин (лг) и для грузовых шин (г). | | |

3.2.1 Нормирование количества шипов

Количество шипов в новой шине до 2013 года определялось следующим образом:

- для шины 13-го и 14-го посадочного диаметра – не более 90 шипов на шину;
- для 15-го посадочного диаметра – не более 110 шипов на шину;
- для 16-го посадочного диаметра – не более 130 шипов на шину.

Однако с 2013 года Скандинавскими странами были внесены изменения в эти значения. Необходимость изменения количества шипов была вызвана растущим отрицательным воздействием металлических вкраплений на состояние дорожного полотна. Второй же причиной нововведений стал вред, нанесенный здоровью граждан, из-за пыли, летящей от мест разрушения дороги [23].

Изменения касались следующего:

- ограничение количества шипов до 50 штук на один погонный метр;
- разрешение специального теста, доказывающего, что плотность металлических вставок, превышающая предыдущую рекомендацию, не наносит вред дорожному покрытию.

сечение сердечника в виде ромба, квадрата или треугольника более эффективны. Износ многогранных шипов намного меньше, чем у круглых, позволяя их характеристикам оставаться на высоком уровне более длительное время.

Классификация шипов в зависимости от типа сечения сердечника представлена в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Классификация шипов в зависимости от типа сечения сердечника

| Тип сечения | Описание | Изображение |
|----------------|---|---|
| Круглое | Самый распространенный тип шипов. Большинство бюджетных зимних моделей шин имеют данные шипы. Главный недостаток – плохое сцепление, по сравнению с другими формами шипа, низкий порог удержания внутри покрышки. К достоинствам относится доступность и стоимость. |  |
| Овальное | Логическое развитие круглого шипа. Его форма позволила увеличить площадь касания с дорожным полотном, способствуя уменьшению заноса. Стоимость таких шипов выше круглых. Одной из распространенных ошибок является установка круглых и овальных шипов на одном колесе. Это может привести к ухудшению тормозных характеристик транспортного средства. |  |
| Четырехгранное | Острые грани шипа врезаются в толщу льда, тем самым, обеспечивая хорошее сцепление с дорожным полотном, в том числе, и на крутых поворотах. К недостаткам относятся высокая стоимость и быстрый износ граней (стирание, обламывание), что приводит к уменьшению пятна контакта. |  |

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ

Лист

32

Продолжение таблицы 3.2

| | | |
|--------------------------------|--|---|
| <p>Ромбовидно-шестигранное</p> | <p>Новые шипы, разработанные компанией Nokian. Острая кромка позволяет сильнее врезаться в поверхность льда. Наличие шести граней увеличивает сцепление колес с дорожным полотном, вне зависимости от их положения. У данного типа шипов присутствует подушка, предназначенная для езды по асфальту. Она необходима для предохранения дорожного покрытия от повреждения и продления срока службы шипа.</p> |  |
| <p>Бриллиантовое</p> | <p>Шипы, разработанные компанией Gislaved. Шип обладает пятью гранями, обеспечивающими лучшее сцепление с дорожным полотном. К недостаткам относится быстрый износ, в результате чего, шип превращается в овальный, но при этом, не теряя своих свойств. Стоимость намного выше, по сравнению с ценами других производителей.</p> |  |
| <p>Трапециевидное</p> | <p>Шипы, разработанные компанией Goodyear. Шип выполнен в форме треугольника, а наконечник – в виде закругленной трапеции. Обеспечивается высокая устойчивость автомобиля, путем вгрызания шипов в поверхность льда. Шипы устойчиво находятся в посадочном месте, практически не выпадают.</p> |  |
| <p>Семигранное</p> | <p>Шип, разработанный итальянской компанией Pirelli. Обладают ковшеобразной задней частью, отвечающей за быстрый старт. Высокие тормозные характеристики достигаются благодаря передней части. За счет скошенных боковых граней обеспечивается устойчивость автомобиля при боковом воздействии.</p> |  |

Продолжение таблицы 3.2

| | | |
|-----------------------|--|---|
| Трехлучевое | Одна из разработок компании Gislaved. Сердечник выполнен в виде звезды с тремя лучами, обеспечивающей хорошее врезание в поверхность льда. К недостаткам относится пробуксовка автомобиля в виду малой площади контакта, скалывание сердечника. Рекомендуется использовать на чистом льду или вне города. |  |
| Треугольное | Шипы, разработанные компанией Kumho. Форма сердечника в виде треугольника позволяет повысить тормозные характеристики, курсовую устойчивость, обеспечивает разгон без пробуксовки. К недостаткам относится достаточно быстрый износ сердечника, при котором шип становится круглым, но при этом не теряет своих свойств. |  |
| Гранено-бриллиантовое | Шипы, разработанные компанией Continental. Многогранность сердечника способствует отсутствию заноса при поворотах, острые углы без труда пробивают ледяную поверхность. Модели, оснащенные подушкой под корпусом, повышают сохранность сердечника на протяжении нескольких сезонов. |  |
| Крестообразное | Шипы, разработанные компанией Bridgestone. Сердечник состоит из четырех частей. Характеристики намного лучше круглых шипов. Однако им свойственно очень быстрое стачивание, что превращает их в круглые шипы. |  |

Еще один тип шипов – ремонтные шипы. Ввиду того, что шипы вылетают из шины, что приводит к ухудшению сцепных характеристик с дорогой, на рынке представлены специальные ремонтные наборы, при помощи которых можно восстановить количество шипов на колесе. В комплект входят универсальные конструкции, подходящие к любому типу резины. Однако такие шипы имеют свои недостатки. Компания производитель устанавливает на собственные покрышки оптимальную форму шипа, с помощью которых

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ

Лист

34

Условия замены шипов на зимней шине:

- возраст шины не более 5 лет;
- шина была ранее ошипована в заводских условиях (наличие гнезд для установки шипов);
- на покрышках отсутствуют механические повреждения и прочие видимые дефекты;
- высота рисунка протектора не менее 7 мм.

Два основных способа доошиповки зимних шин – автоматический и ручной.

Автоматическая переошиповка предусматривает использование специального пневматического пистолета, позволяющего надежно и быстро зашиповать шину. Вставка шипов в протектор происходит под давлением сжатого воздуха. Шипы автоматически устанавливаются на нужную глубину и надежно фиксируются в гнездах. Но ввиду дороговизны пневматического пистолета, такой метод применяется в основном в шиномонтажных мастерских. Также использование этого инструмента в домашних условиях затруднено из-за необходимости подключения к компрессору.

Ручная переошиповка производится при помощи молотка или пассатижей, отвертки необходимого диаметра и теплого мыльного раствора. Перед установкой недостающих шипов шина промывается водой, наружная поверхность протектора смачивается мыльным раствором. Далее при помощи отвертки расширяются посадочные гнезда, а шипы загоняются на нужную глубину, используя молоток или пассатижи [30].

При переошиповке шин самостоятельно значительно сокращаются затраты по сравнению с автоматической переошиповкой, производимой в шиномонтаже. Однако такой способ достаточно трудоемкий и долгий и не может гарантировать получение качественного результата.

Необходимо отметить, что эффективность восстановленных шин на 15-20% ниже по сравнению с новыми шинами. Но затраты на ремонт такой шины будут намного ниже, чем при покупке нового ошипованного комплекта. При качественном ремонте ошипованные шины позволят эксплуатировать транспортное средство в течение еще нескольких сезонов без заметного ухудшения эксплуатационных характеристик.

После процесса ошиповки шины необходимо обкатать. В течение примерно 700 км следует избегать резких троганий с места, торможений, интенсивных разгонов. Данные мероприятия позволят занять шипам естественное положение в гнездах протектора, путем их избавления от повышенных касательных нагрузок и устранения остаточного напряжения резины вокруг шипов.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 37 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ | | | | | |

Выводы по разделу три

В данном разделе был рассмотрен процесс изменения конструкции шипов и их основных элементов. Представлена классификация в зависимости от материала изготовления, количества фланцев на корпусе, сечения сердечника шипа. Наиболее распространенным является шип с круглым сечением, используемый на большинстве бюджетных зимних моделях шин. Основным преимуществом ошипованных шин является значительное сокращение тормозного пути на скользком покрытии по сравнению с неошипованными. В настоящее время производители стремятся сократить количество шипов, не ухудшая сцепные характеристики, путем совершенствования состава резины, рисунка ламелей и т.д. К наиболее часто встречаемым причинам вырывания шипов относятся установка шипа на краю протектора, малая глубина отверстия, а также попадание в него песка и воды. Не менее важным фактором, влияющим на сохранность шипов, является манера вождения водителя, которому следует избегать резких торможений и троганий с места.

Протектор, из которого выпали шипы, может быть восстановлен. Помимо автоматической замены шипов на зимней шине, производимой помощью специального пневматического автомата, существует ручная перешиповка. Последняя позволяет существенно снизить затраты на приобретение нового комплекта шин, однако не может гарантировать качественный результат.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|------|
| | | | | | 23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 38 |

4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

4.1 Виды зимней скользкости

Применение ошипованных шин в зимний период позволяет повысить коэффициент сцепления с дорожным полотном, уменьшить тормозной путь и предотвратить ДТП. Зимняя скользкость – это природное явление, существенно влияющее на снижение сцепных свойств поверхности покрытия. Она включает в себя все виды снежных, ледяных и снежно-ледяных образований на проезжей части, укрепленных обочинах, площадках отдыха, остановках маршрутного транспорта, тротуарах и пешеходных (велосипедных) дорожках. Под снежно-ледяными отложениями (СЛО) понимаются отложения на поверхности автомобильной дороги в виде рыхлого снега, уплотненного снега (наката), стекловидного льда.

Каждый вид скользкости характеризуется определенными признаками.

Рыхлый снег – неуплотненный слой снега, образуемый во время снегопада и/или метели. Откадывается на дорожном покрытии в виде ровного по толщине слоя. Плотность свежесвыпавшего снега изменяется от 0,06 до 0,20 г/см³. В зависимости от содержания влаги он может быть сухим, влажным и мокрым. Образование рыхлого снега происходит в безветренную погоду при выпадении твердых осадков. Если снег сухой, то он плохо уплотняется колесами транспортных средств и долгое время может оставаться в рыхлом состоянии. Процесс уплотнения снега замедляется при температуре воздуха ниже -10°C, а при температуре воздуха от -6°C до -10°C он не будет уплотняться при относительной влажности воздуха менее 90%. Наличие рыхлого снега на проезжей части способствует снижению коэффициента сцепления до 0,2.

Уплотненный снег (снежный накат) – слой снега на проезжей части дороги, уплотненный колесами проезжающих транспортных средств. Его толщина варьируется от нескольких миллиметров до десятков миллиметров. Плотность снежного наката составляет от 0,3 до 0,6 г/см³. Образование уплотненного снега происходит при следующих погодных условиях:

- выпадение снега при температура воздуха от 0°C до -6°C;
- при температуре воздуха от -6°C до -10°C и относительной влажности воздуха более 90%;

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 39 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ | | | | |

Этому процессу предшествуют следующие природные условия:

- стабильное повышение температуры воздуха и относительной влажности;
- снижение атмосферного давления в течение суток [31].

Помимо применения противогололедных материалов (ПГМ) службами, обслуживающими дороги, самими водителями для борьбы с зимней скользкостью и повышения коэффициента сцепления используются ошипованные шины. Участки со снежными, ледяными и снежно-ледяными образованиями существенно влияют на сцепные свойства шины с дорожным покрытием, что требует от водителя повышенной концентрации, умений и навыков.

Как указано выше, водителями с целью обеспечения нормативного коэффициента сцепления колеса с дорогой достаточно часто используются шины, оборудованные шипами противоскольжения.

Вместе с тем многообразие конструкций шиповки колес в большей или меньшей степени обеспечивает возможность удержания шипа шины в штатном месте. Учитывая различия конструкции, шины некоторых производителей в процессе эксплуатации теряют шипы, что приводит к уменьшению их количества в пятне контакта колеса и дороги. В настоящее время процесс взаимодействия ошипованного колеса с различными покрытиями не нашел достаточно обоснованного, научного подтверждения. С целью устранения этого недостатка в рамках данной выпускной квалификационной работы были проведены стендовые испытания для определения изменения коэффициента сцепления в зависимости от количества шипов, находящихся в пятне контакта.

4.2 Конструкция стенда для испытания шины

Для определения коэффициента сцепления ошипованного колеса с дорогой был проведен ряд испытаний на различных покрытиях.

При проведении испытаний использовался стенд, включающий в себя испытываемое колесо, опорную площадку, динамометр, винт с рукояткой, опорные подшипники и балку с грузом. На рисунке 4.1 представлена схема стенда. Во время опытов измерялись нагрузка на колесо, сила проскальзывания.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|------|
| | | | | | 23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 41 |

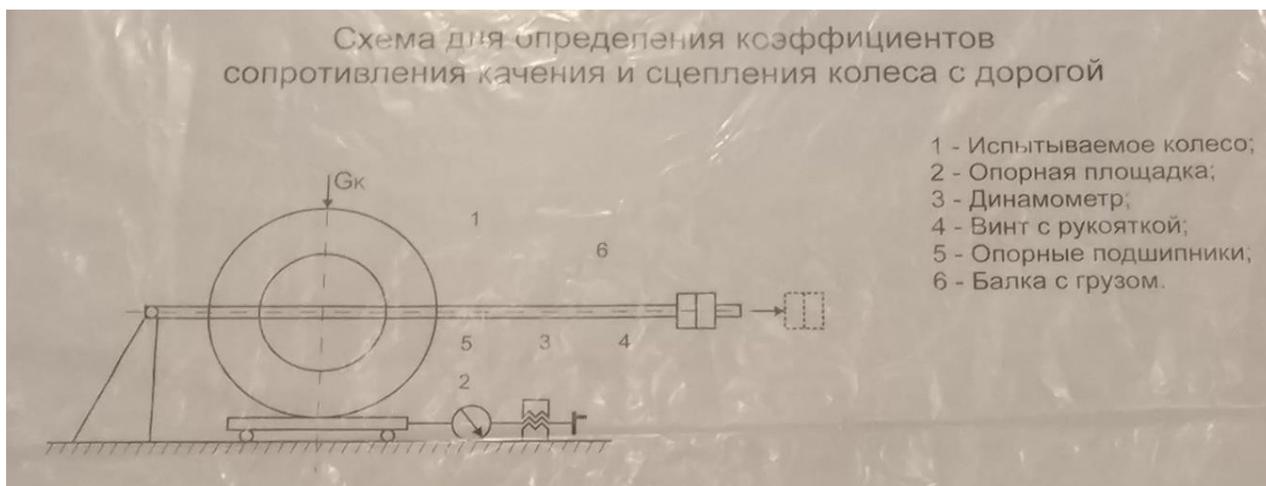


Рисунок 4.1 – Схема стенда для определения коэффициентов сцепления колеса с дорогой

В качестве испытываемого колеса использовалась ошипованная шина **Pirelli 175/65R 14**. В ней установлено 6 рядов шипов, общее число которых составляло 96 шт.

Шина была поделена на 4 сектора, каждому из которых соответствовал определенный процент ошиповки в пятне контакта: 100%, 75%, 50% и 25%. Способ установки представлен на рисунке 4.2.



Рисунок 4.2 – Пример установки колеса на стенд

Колесо устанавливалось на опорную площадку соответствующим сектором для определения силы, при которой происходит его проскальзывание по поверхности покрытия. Испытания проводились по 10 раз на каждый сектор при отсутствии нагрузки (0 кг) на колесо либо при ее имитации в 400 кг.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|------|
| | | | | | 23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 42 |

4.3 Определение исходных данных для расчета

Для расчета нагрузки необходимо было определить вес установки и каждого отдельного элемента. В таблице 4.1 представлен вес различных элементов стенда.

Таблица 4.1 – Определение массы элементов стенда

| Элемент | Вес, кг |
|-----------------------|---------|
| Колесо (шина и штамп) | 13,2 |
| Рамки | 20,0 |
| Корзина | 3,0 |
| Балка | 15,0 |
| Ступица, скобы, болты | 3,0 |

Схема с изображением сил, действующих на установку, представлена на рисунке 4.3, где R_z – вертикальная сила, действующая на колесо, R_x – сила, при которой происходит проскальзывание колеса по поверхности покрытия, $G_{к,р}$ – сила, действующая на раму и колесо, $G_б$ – сила, действующая на центр тяжести балки, $G_{гр}$ – сила, действующая на груз.

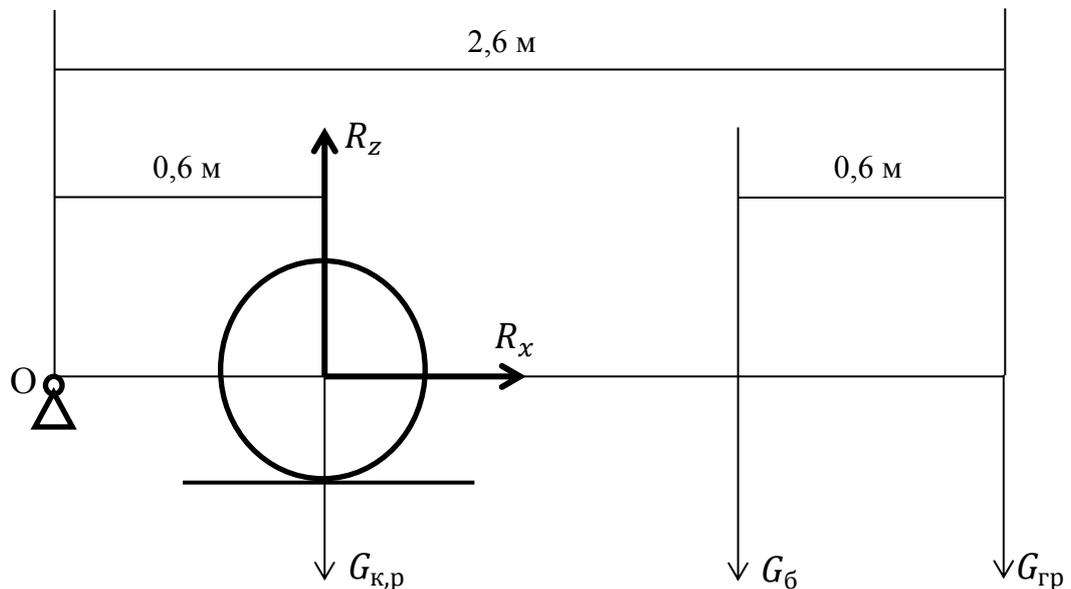


Рисунок 4.3 – Силы, действующие на установку

Коэффициента сцепления находится в определенной зависимости от вертикальной силы R_z и продольной силы R_x :

$$\varphi = \frac{R_x}{R_z} . \quad (1)$$

Тогда,

$$R_x = \varphi \cdot R_z. \quad (2)$$

Составим уравнение моментов относительно точки О:

$$\sum M_o = R_z \cdot 0,6 - G_{к,р} \cdot 0,6 - G_б \cdot 2 - G_{гр} \cdot 2,6. \quad (3)$$

Следовательно,

$$R_z = \frac{G_б \cdot 2 + G_{гр} \cdot 2,6 + G_{к,р} \cdot 0,6}{0,6}. \quad (4)$$

Для имитации нагрузки в 400 кг необходимо определить значение $G_{гр}$:

$$G_{гр} = \frac{R_z \cdot 0,6 - G_б \cdot 2 - G_{к,р} \cdot 0,6}{2,6}. \quad (5)$$

Подставляя значения массы в формулу (5), получаем значение $G_{гр}$ при имитации нагрузки:

$$G_{гр} = \frac{400,0 \cdot 0,6 - 15,0 \cdot 2 - 36,2 \cdot 0,6}{2,6} = 72,4 \text{ кг.}$$

Для имитации отсутствия нагрузки на колесо (0 кг) учитывается только вес колеса и рамы:

$$R_z = G_{к,р}. \quad (6)$$

Тогда,

$$R_z = G_{к,р} = 20,0 + 13,2 + 3,0 = 36,2 \text{ кг.}$$

4.4 Расчет коэффициентов сцепления

В качестве исследуемых покрытий были рассмотрены:

- сухой асфальт;
- мокрый асфальт;
- чистый лед;
- лед, в верхнем слое которого содержится песок;
- лед с примесью песочной крошки;
- рыхлый снег;
- уплотненный снег (снежный накат);
- снежный накат с примесью песочной крошки;
- сухой мерзлый асфальт;
- мерзлый асфальт с признаками влаги (росы).

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 44 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ | | | | |

4.4.1 Покрытие «сухой асфальт»

В таблице 4.2 представлены результаты измерений для проведения последующих расчетов.

Таблица 4.2 – Результаты измерений

| | 100% ошиповка | | 75% ошиповка | | 50% ошиповка | | 25% ошиповка | |
|----|---------------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|
| | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг |
| 1 | 190 | 26 | 170 | 26 | 160 | 28 | 138 | 26 |
| 2 | 184 | 28 | 178 | 24 | 158 | 26 | 120 | 30 |
| 3 | 186 | 30 | 176 | 24 | 168 | 26 | 136 | 28 |
| 4 | 188 | 30 | 170 | 24 | 164 | 28 | 130 | 28 |
| 5 | 190 | 30 | 176 | 22 | 160 | 28 | 120 | 28 |
| 6 | 194 | 28 | 170 | 24 | 164 | 28 | 128 | 30 |
| 7 | 192 | 28 | 174 | 26 | 170 | 26 | 134 | 28 |
| 8 | 186 | 30 | 180 | 24 | 172 | 26 | 126 | 30 |
| 9 | 184 | 28 | 178 | 26 | 166 | 28 | 132 | 28 |
| 10 | 188 | 30 | 172 | 26 | 170 | 26 | 142 | 30 |

Определение среднеарифметических значений измеряемых параметров:

$$C_{cp} = (C_1 + C_2 + \dots + C_{n-1})/n, \quad (7)$$

где C_{cp} – среднее арифметическое значение измеренного компонента;

C_i – значение соответствующего элемента;

n – количество измерений.

При нагрузке на колесо 400 кг $C_{cp100\%} = 188,2$.

При нагрузке на колесо 400 кг $C_{cp75\%} = 174,4$.

При нагрузке на колесо 400 кг $C_{cp50\%} = 165,2$.

При нагрузке на колесо 400 кг $C_{cp25\%} = 130,6$.

При отсутствии нагрузки на колесо $C_{cp100\%} = 28,8$.

При отсутствии нагрузки на колесо $C_{cp75\%} = 24,6$.

При отсутствии нагрузки на колесо $C_{cp50\%} = 27$.

При отсутствии нагрузки на колесо $C_{cp25\%} = 28,6$.

Величина абсолютных расхождений результатов измерений концентраций C_i со средним значением C определяется по формуле:

$$\Delta C_i = C_i - C_{cp}. \quad (8)$$

Величины расхождения результатов представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Величины расхождения результатов

| | 100% ошиповка | | 75% ошиповка | | 50% ошиповка | | 25% ошиповка | |
|----|---------------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|
| | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг |
| 1 | 1,8 | -2,8 | -4,4 | 1,4 | -5,2 | 1 | 7,4 | -2,6 |
| 2 | -4,2 | -0,8 | 3,6 | -0,6 | -7,2 | -1 | -10,6 | 1,4 |
| 3 | -2,2 | 1,2 | 1,6 | -0,6 | 2,8 | -1 | 5,4 | -0,6 |
| 4 | -0,2 | 1,2 | -4,4 | -0,6 | -1,2 | 1 | -0,6 | -0,6 |
| 5 | 1,8 | 1,2 | 1,6 | -2,6 | -5,2 | 1 | -10,6 | -0,6 |
| 6 | 5,8 | -0,8 | -4,4 | -0,6 | -1,2 | 1 | -2,6 | 1,4 |
| 7 | 3,8 | -0,8 | -0,4 | 1,4 | 4,8 | -1 | 3,4 | -0,6 |
| 8 | -2,2 | 1,2 | 5,6 | -0,6 | 6,8 | -1 | -4,6 | 1,4 |
| 9 | -4,2 | -0,8 | 3,6 | 1,4 | 0,8 | 1 | 1,4 | -0,6 |
| 10 | -0,2 | 1,2 | -2,4 | 1,4 | 4,8 | -1 | 11,4 | 1,4 |

Значение выборочной дисперсии определяется по формуле (9).

Если значение ΔC_i является отрицательным числом, то в расчет берется модуль этого числа:

$$D = (\Delta C_1 + \Delta C_2 + \dots + \Delta C_{n-1} + \Delta C_n) / n - 1. \quad (9)$$

При нагрузке на колесо 400 кг $D_{100\%} = 2,9$.

При нагрузке на колесо 400 кг $D_{75\%} = 3,6$.

При нагрузке на колесо 400 кг $D_{50\%} = 4,4$.

При нагрузке на колесо 400 кг $D_{25\%} = 6,4$.

При отсутствии нагрузки на колесо $D_{100\%} = 1,3$.

При отсутствии нагрузки на колесо $D_{75\%} = 1,2$.

При отсутствии нагрузки на колесо $D_{50\%} = 1,1$.

При отсутствии нагрузки на колесо $D_{25\%} = 1,2$.

Среднее квадратичное отклонение определяется по формуле:

$$\sigma = \sqrt{D}. \quad (10)$$

При нагрузке на колесо 400 кг $\sigma_{100\%} = 1,7$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\sigma_{75\%} = 1,9$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\sigma_{50\%} = 2,1$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\sigma_{25\%} = 2,5$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\sigma_{100\%} = 1,1$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\sigma_{75\%} = 1,1$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\sigma_{50\%} = 1,1$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\sigma_{25\%} = 1,1$.

Далее проводим анализ полученных результатов и, если величина C_i будет превышать значение 2σ , то этот результат исключается из выборки. Расчеты представлены в таблицах 4.4 и 4.5 при нагрузке в 400 кг и при ее отсутствии соответственно.

Таблица 4.4 – Значения при нагрузке в 400 кг

| $ \Delta C_{100\%} $ | $2 \sigma_{100\%}$ | $ \Delta C_{75\%} $ | $2 \sigma_{75\%}$ | $ \Delta C_{50\%} $ | $2 \sigma_{50\%}$ | $ \Delta C_{25\%} $ | $2 \sigma_{25\%}$ |
|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 1,8 | 3,4 | 4,4 | 3,8 | 5,2 | 4,2 | 7,4 | 5 |
| 4,2 | | 3,6 | | 7,2 | | 10,6 | |
| 2,2 | | 1,6 | | 2,8 | | 5,4 | |
| 0,2 | | 4,4 | | 1,2 | | 0,6 | |
| 1,8 | | 1,6 | | 5,2 | | 10,6 | |
| 5,8 | | 4,4 | | 1,2 | | 2,6 | |
| 3,8 | | 0,4 | | 4,8 | | 3,4 | |
| 2,2 | | 5,6 | | 6,8 | | 4,6 | |
| 4,2 | | 3,6 | | 0,8 | | 1,4 | |
| 0,2 | | 2,4 | | 4,8 | | 11,4 | |

Таблица 4.5 – Значения при отсутствии нагрузки

| $ \Delta C_{100\%} $ | $2 \sigma_{100\%}$ | $ \Delta C_{75\%} $ | $2 \sigma_{75\%}$ | $ \Delta C_{50\%} $ | $2 \sigma_{50\%}$ | $ \Delta C_{25\%} $ | $2 \sigma_{25\%}$ |
|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 2,8 | 2,2 | 1,4 | 2,2 | 1 | 2,2 | 2,6 | 2,2 |
| 0,8 | | 0,6 | | 1 | | 1,4 | |
| 1,2 | | 0,6 | | 1 | | 0,6 | |
| 1,2 | | 0,6 | | 1 | | 0,6 | |
| 1,2 | | 2,6 | | 1 | | 0,6 | |
| 0,8 | | 0,6 | | 1 | | 1,4 | |
| 0,8 | | 1,4 | | 1 | | 0,6 | |
| 1,2 | | 0,6 | | 1 | | 1,4 | |
| 0,8 | | 1,4 | | 1 | | 0,6 | |
| 1,2 | | 1,4 | | 1 | | 1,4 | |

Ввиду полученных значений при нагрузке в 400 кг из выборки исключаются: при 100% – 5,8, при 75% – 5,6, при 50% – 7,2, при 25% – 11,4. При отсутствии нагрузки из выборки исключаются: при 100% – 2,8, при 75% – 2,6, при 25% – 2,6.

Пересчет производится до тех пор, пока величина C_i не будет превышать значение 2σ . Результаты пересчета представлены в таблицах 4.6 и 4.7 при нагрузке в 400 кг и при ее отсутствии соответственно.

Таблица 4.6 – Значения при нагрузке в 400 кг

| $ \Delta C_{100\%} $ | $2 \sigma_{100\%}$ | $ \Delta C_{75\%} $ | $2 \sigma_{75\%}$ | $ \Delta C_{50\%} $ | $2 \sigma_{50\%}$ | $ \Delta C_{25\%} $ | $2 \sigma_{25\%}$ |
|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 2 | 2,6 | 2,6 | 3,4 | - | 3,4 | - | 3,3 |
| - | | - | | - | | - | |
| 2 | | 3,4 | | 1 | | - | |
| 0 | | 2,6 | | 3 | | 1 | |
| 2 | | 3,4 | | - | | - | |
| - | | 2,6 | | 3 | | 3 | |
| - | | 1,4 | | 3 | | 3 | |
| 2 | | - | | - | | - | |
| - | | - | | 1 | | 1 | |
| 0 | | 0,6 | | 3 | | - | |

Таблица 4.7 – Значения при отсутствии нагрузки

| $ \Delta C_{100\%} $ | $2 \sigma_{100\%}$ | $ \Delta C_{75\%} $ | $2 \sigma_{75\%}$ | $ \Delta C_{50\%} $ | $2 \sigma_{50\%}$ | $ \Delta C_{25\%} $ | $2 \sigma_{25\%}$ |
|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| - | 2,2 | 1,1 | 2,2 | 1 | 2,2 | - | 2,2 |
| 1,1 | | 0,9 | | 1 | | 1,1 | |
| 0,9 | | 0,9 | | 1 | | 0,9 | |
| 0,9 | | 0,9 | | 1 | | 0,9 | |
| 0,9 | | - | | 1 | | 0,9 | |
| 1,1 | | 0,9 | | 1 | | 1,1 | |
| 1,1 | | 1,1 | | 1 | | 0,9 | |
| 0,9 | | 0,9 | | 1 | | 1,1 | |
| 1,1 | | 1,1 | | 1 | | 0,9 | |
| 0,9 | | 1,1 | | 1 | | 1,1 | |

Величина абсолютной ошибки измерений определяется по формуле:

$$\Delta = t_{a,k} \cdot \sigma, \quad (11)$$

где $t_{a,k}$ – коэффициент Стьюдента.

Принимаем $t_{a,k} = 3,2$ при $n=4$, $t_{a,k} = 2,6$ при $n=6$, $t_{a,k} = 2,5$ при $n=7$, $t_{a,k} = 2,3$ при $n=9$, $t_{a,k} = 2,26$ при $n=10$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\Delta_{100\%} = 3,38$.

При нагрузке на колесо 400кг $\Delta_{75\%} = 4,25$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\Delta_{50\%} = 4,42$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\Delta_{25\%} = 5,12$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\Delta_{100\%} = 2,53$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\Delta_{75\%} = 2,53$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\Delta_{50\%} = 2,49$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\Delta_{25\%} = 2,53$.

Относительная ошибка измерений в процентах рассчитывается по формуле:

$$\epsilon = \frac{\Delta C}{C_{cp}} \cdot 100. \quad (12)$$

Результаты вычислений представлены в таблицах 4.8 и 4.9 при нагрузке в 400 кг и при ее отсутствии соответственно.

Таблица 4.8 – Значения при нагрузке в 400 кг

| $\epsilon_{100\%}, \%$ | $\epsilon_{75\%}, \%$ | $\epsilon_{50\%}, \%$ | $\epsilon_{25\%}, \%$ |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1,8 | 2,5 | 2,6 | 3,9 |

Таблица 4.9 – Значения при отсутствии нагрузки

| $\epsilon_{100\%}, \%$ | $\epsilon_{75\%}, \%$ | $\epsilon_{50\%}, \%$ | $\epsilon_{25\%}, \%$ |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 8,6 | 10,1 | 9,2 | 8,6 |

Коэффициент сцепления представлен в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Коэффициент сцепления при нагрузке в 400 кг и при ее отсутствии

| 100% ошиповка | | 75% ошиповка | | 50% ошиповка | | 25% ошиповка | |
|---------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|
| 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг |
| 0,46-0,48 | 0,74-0,87 | 0,42-0,44 | 0,62-0,76 | 0,41-0,43 | 0,68-0,82 | 0,32-0,34 | 0,73-0,87 |

На рисунке 4.4 представлена динамика изменения коэффициента сцепления на покрытии «сухой асфальт» в зависимости от процента ошиповки в пятне контакта при нагрузке на колесо 400 кг.

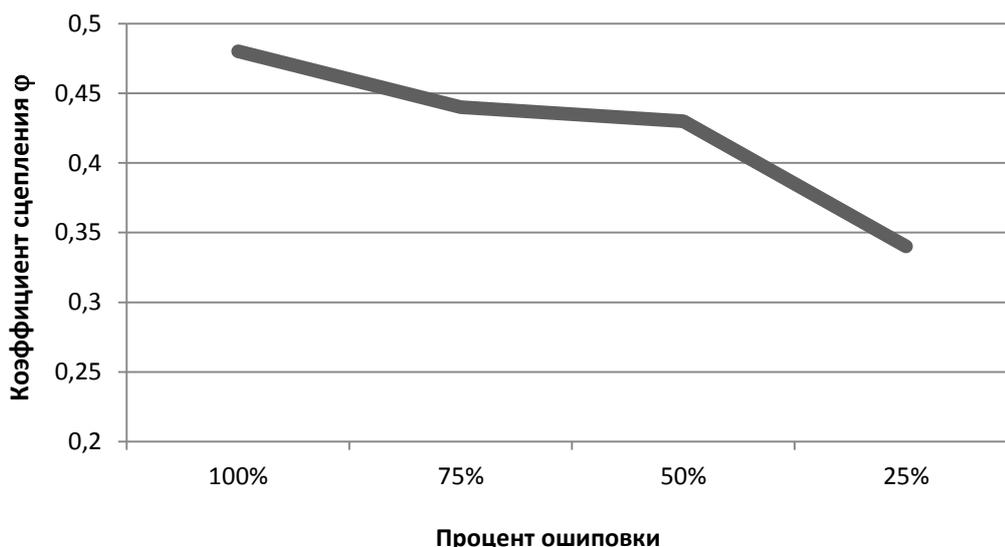


Рисунок 4.4 – Изменение коэффициента сцепления при нагрузке на колесо 400 кг

На рисунке 4.5 представлена динамика изменения коэффициента сцепления на покрытии «сухой асфальт» в зависимости от процента ошиповки в пятне контакта при отсутствии нагрузки на колесо.

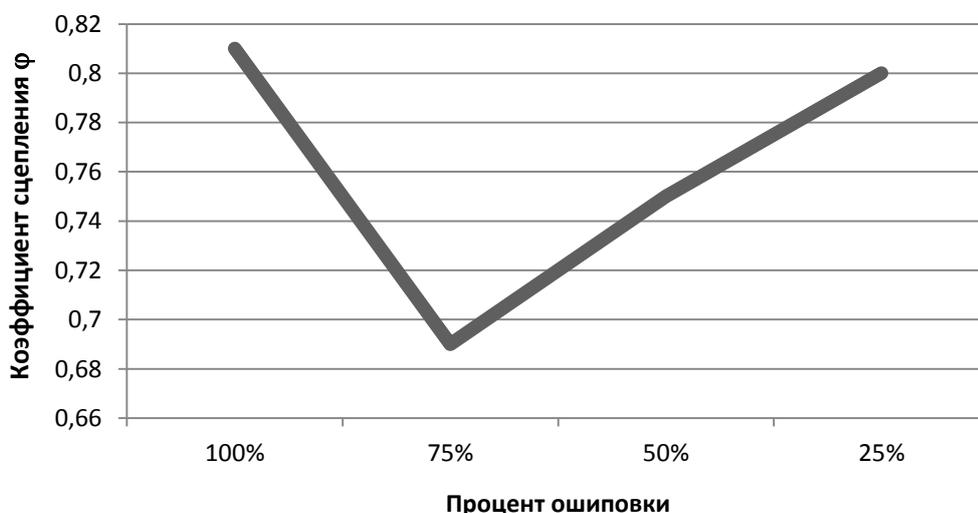


Рисунок 4.5 – Изменение коэффициента сцепления при отсутствии нагрузки на колесо

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
|------|------|----------|---------|------|

23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ

Лист

49

На основании проведенных испытаний можно сделать вывод о том, что на сухом асфальте с уменьшением количества шипов в пятне контакта при нагрузке на колесо 400 кг наблюдается снижение коэффициента сцепления (при 100%-й ошиповке шины $\varphi=0,48$, при 25%-й ошиповке шины $\varphi=0,34$).

При отсутствии нагрузки на колесо получаем иные значения в момент отрыва. При 100%-й ошиповке шины показатель составляет 0,81. При 75%-й получаем самое низкое значение коэффициента сцепления равное 0,69. После чего показатель возрастает до 0,75 при 50%-й ошиповке, до 0,8 при 25%-й.

4.4.2 Покрытие «мокрый асфальт»

В таблице 4.11 представлены результаты измерений для проведения последующих расчетов.

Таблица 4.11 – Результаты измерений

| | 100% ошиповка | | 75% ошиповка | | 50% ошиповка | | 25% ошиповка | |
|----|---------------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|
| | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг |
| 1 | 162 | 22 | 160 | 22 | 130 | 24 | 156 | 28 |
| 2 | 162 | 20 | 154 | 22 | 158 | 26 | 172 | 30 |
| 3 | 160 | 20 | 148 | 20 | 128 | 24 | 162 | 26 |
| 4 | 160 | 18 | 158 | 22 | 136 | 22 | 158 | 28 |
| 5 | 140 | 20 | 152 | 22 | 146 | 24 | 152 | 28 |
| 6 | 158 | 20 | 144 | 24 | 160 | 24 | 164 | 26 |
| 7 | 152 | 22 | 158 | 22 | 134 | 24 | 152 | 28 |
| 8 | 156 | 20 | 150 | 22 | 154 | 22 | 160 | 26 |
| 9 | 160 | 20 | 146 | 22 | 138 | 24 | 168 | 24 |
| 10 | 162 | 20 | 148 | 22 | 152 | 24 | 148 | 28 |

Среднеарифметические значения измеряемых параметров определяются по формуле (7).

При нагрузке на колесо 400 кг $C_{cp100\%} = 157,2$.

При нагрузке на колесо 400 кг $C_{cp75\%} = 151,8$.

При нагрузке на колесо 400 кг $C_{cp50\%} = 143,6$.

При нагрузке на колесо 400 кг $C_{cp25\%} = 159,2$.

При отсутствии нагрузки на колесо $C_{cp100\%} = 20,2$.

При отсутствии нагрузки на колесо $C_{cp75\%} = 22$.

При отсутствии нагрузки на колесо $C_{cp50\%} = 23,8$.

При отсутствии нагрузки на колесо $C_{cp25\%} = 27,2$.

Величина абсолютных расхождений результатов измерений концентраций C_i со средним значением C определяется по формуле (8). Величины расхождения результатов представлены в таблице А.1. в Приложении А.

Значение выборочной дисперсии определяется по формуле (9).

При нагрузке на колесо 400 кг $D_{100\%} = 5,2$.

Таблица 4.12 – Коэффициент сцепления при нагрузке в 400 кг и при ее отсутствии

| 100% ошиповка | | 75% ошиповка | | 50% ошиповка | | 25% ошиповка | |
|---------------|-----------|--------------|------|--------------|-----------|--------------|-----------|
| 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг |
| 0,39-0,41 | 0,51-0,62 | 0,36-0,38 | 0,61 | 0,33-0,36 | 0,61-0,72 | 0,38-0,42 | 0,68-0,83 |

На рисунке 4.6 представлена динамика изменения коэффициента сцепления на покрытии «мокрый асфальт» в зависимости от процента ошиповки в пятне контакта при нагрузке на колесо 400 кг.

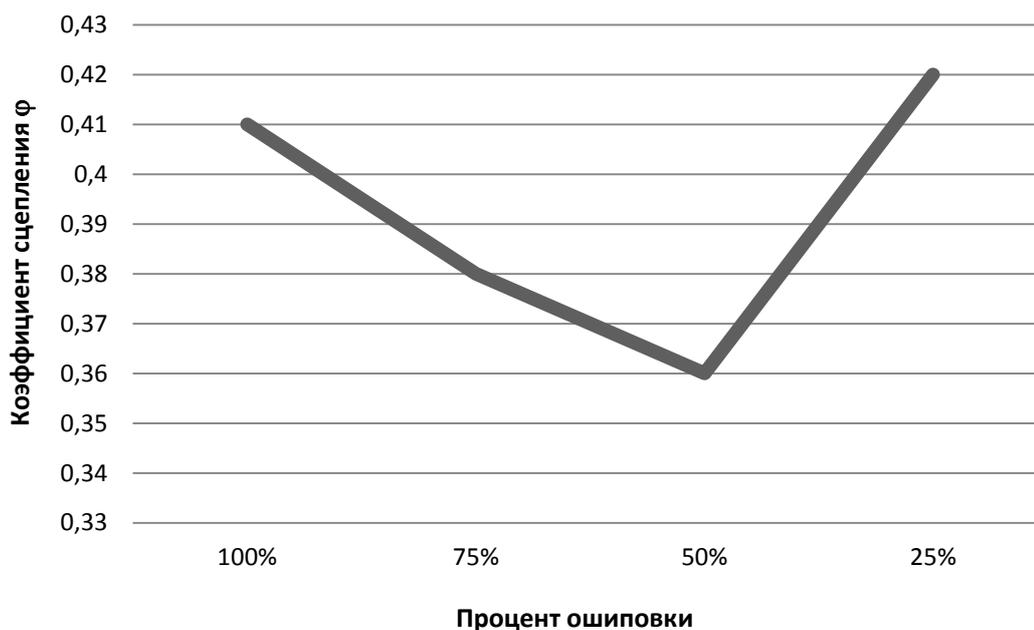


Рисунок 4.6 – Изменение коэффициента сцепления при нагрузке на колесо 400 кг

На рисунке 4.7 представлена динамика изменения коэффициента сцепления на покрытии «мокрый асфальт» в зависимости от процента ошиповки в пятне контакта при отсутствии нагрузки на колесо.

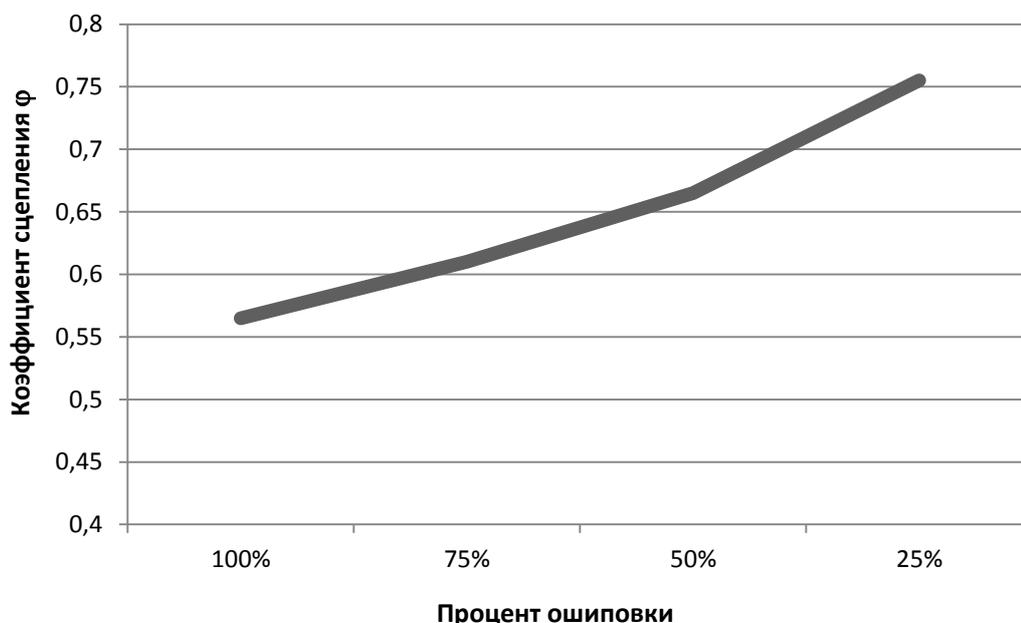


Рисунок 4.7 – Изменение коэффициента сцепления при отсутствии нагрузки на колесо

На основании проведенных испытаний при нагрузке на колесо 400 кг можно сделать вывод о том, что при 100%-й ошиповке шины коэффициент сцепления не превышает 0,41. Затем показатель снижается до 0,38 при 75%-й ошиповке, до 0,36 при 50%-й. В дальнейшем с уменьшением количества шипов (до 25%) коэффициент сцепления увеличивается до 0,42. Наиболее вероятно, что с уменьшением количества шипов площадь прилегания шины к поверхности покрытия увеличивается, следовательно, в большей степени осуществляется отвод воды.

При отсутствии нагрузки на колесо коэффициент сцепления увеличивается при уменьшении количества шипов в пятне контакта (при 100%-й ошиповке шины $\phi=0,57$, при 25%-й ошиповке шины $\phi=0,76$).

4.4.3 Покрытие «чистый лед»

В таблице 4.13 представлены результаты измерений для проведения последующих расчетов.

Таблица 4.13 – Результаты измерений

| | 100% ошиповка | | 75% ошиповка | | 50% ошиповка | | 25% ошиповка | |
|---|---------------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|
| | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг |
| 1 | 160 | 30 | 150 | 18 | 160 | 22 | 148 | 20 |
| 2 | 180 | 28 | 156 | 22 | 148 | 24 | 142 | 26 |
| 3 | 164 | 20 | 150 | 24 | 154 | 22 | 130 | 24 |
| 4 | 164 | 22 | 152 | 26 | 152 | 22 | 138 | 24 |
| 5 | 168 | 32 | 154 | 22 | 150 | 26 | 138 | 28 |
| 6 | 172 | 28 | 158 | 22 | 156 | 30 | 134 | 30 |

Продолжение таблицы 4.13

| | | | | | | | | |
|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|
| 7 | 170 | 30 | 150 | 24 | 154 | 30 | 140 | 32 |
| 8 | 162 | 20 | 156 | 24 | 146 | 20 | 132 | 22 |
| 9 | 176 | 24 | 152 | 20 | 158 | 28 | 136 | 26 |
| 10 | 164 | 24 | 154 | 18 | 150 | 32 | 134 | 22 |

Среднеарифметические значения измеряемых параметров определяются по формуле (7).

При нагрузке на колесо 400 кг $C_{cp100\%} = 168$.

При нагрузке на колесо 400 кг $C_{cp75\%} = 153,2$.

При нагрузке на колесо 400 кг $C_{cp50\%} = 152,8$.

При нагрузке на колесо 400 кг $C_{cp25\%} = 137,2$.

При отсутствии нагрузки на колесо $C_{cp100\%} = 25,8$.

При отсутствии нагрузки на колесо $C_{cp75\%} = 22$.

При отсутствии нагрузки на колесо $C_{cp50\%} = 25,6$.

При отсутствии нагрузки на колесо $C_{cp25\%} = 25,4$.

Величина абсолютных расхождений результатов измерений концентраций C_i со средним значением C определяется по формуле (8).

Величины расхождения результатов представлены в таблице Б.1 в Приложении Б.

Значение выборочной дисперсии определяется по формуле (9).

При нагрузке на колесо 400 кг $D_{100\%} = 5,8$.

При нагрузке на колесо 400 кг $D_{75\%} = 2,7$.

При нагрузке на колесо 400 кг $D_{50\%} = 4,0$.

При нагрузке на колесо 400 кг $D_{25\%} = 4,4$.

При отсутствии нагрузки на колесо $D_{100\%} = 4,2$.

При отсутствии нагрузки на колесо $D_{75\%} = 2,2$.

При отсутствии нагрузки на колесо $D_{50\%} = 4,0$.

При отсутствии нагрузки на колесо $D_{25\%} = 3,3$.

Среднее квадратичное отклонение определяется по формуле (10).

При нагрузке на колесо 400 кг $\sigma_{100\%} = 2,4$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\sigma_{75\%} = 1,6$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\sigma_{50\%} = 2,0$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\sigma_{25\%} = 2,1$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\sigma_{100\%} = 2,1$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\sigma_{75\%} = 1,5$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\sigma_{50\%} = 2,0$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\sigma_{25\%} = 1,8$.

Затем проводится анализ полученных результатов с учетом условия исключения «грубых промахов». Расчеты представлены в таблицах Б.2 и Б.3 в Приложении Б.

Ввиду полученных значений при нагрузке в 400 кг из выборки исключаются: при 100% – 12, при 75% – 4,8, при 50% – 7,2, при 25% – 10,8.

При отсутствии нагрузки из выборки исключаются: при 100% – 6,2, при 75% – 4,0, при 50% – 6,4, при 25% – 6,6.

Пересчет производится до тех пор, пока величина C_i не будет превышать значение 2σ . Результаты пересчета представлены в таблицах Б.4 и Б.5 в Приложении Б. Величина абсолютной ошибки измерений определяется по формуле (11). Принимаем $t_{a,k} = 3,2$ при $n=4$, $t_{a,k} = 2,8$ при $n=5$, $t_{a,k} = 2,6$ при $n=6$, $t_{a,k} = 2,5$ при $n=7$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\Delta_{100\%} = 3,2$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\Delta_{75\%} = 3,25$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\Delta_{50\%} = 3,9$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\Delta_{25\%} = 3,9$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\Delta_{100\%} = 3,5$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\Delta_{75\%} = 2,8$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\Delta_{50\%} = 2,8$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\Delta_{25\%} = 3,4$.

Относительная ошибка измерений в процентах рассчитывается по формуле (12). Результаты вычислений представлены в таблицах Б.6 и Б.7 в Приложении Б.

Коэффициент сцепления представлен в таблице 4.14.

Таблица 4.14 – Коэффициент сцепления при нагрузке в 400 кг и при ее отсутствии

| 100% ошиповка | | 75% ошиповка | | 50% ошиповка | | 25% ошиповка | |
|---------------|----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|
| 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг |
| 0,4-0,42 | 0,7-0,89 | 0,37-0,39 | 0,56-0,71 | 0,37-0,39 | 0,53-0,69 | 0,33-0,35 | 0,57-0,76 |

На рисунке 4.8 представлена динамика изменения коэффициента сцепления на покрытии «чистый лед» в зависимости от процента ошиповки в пятне контакта при нагрузке на колесо 400 кг.

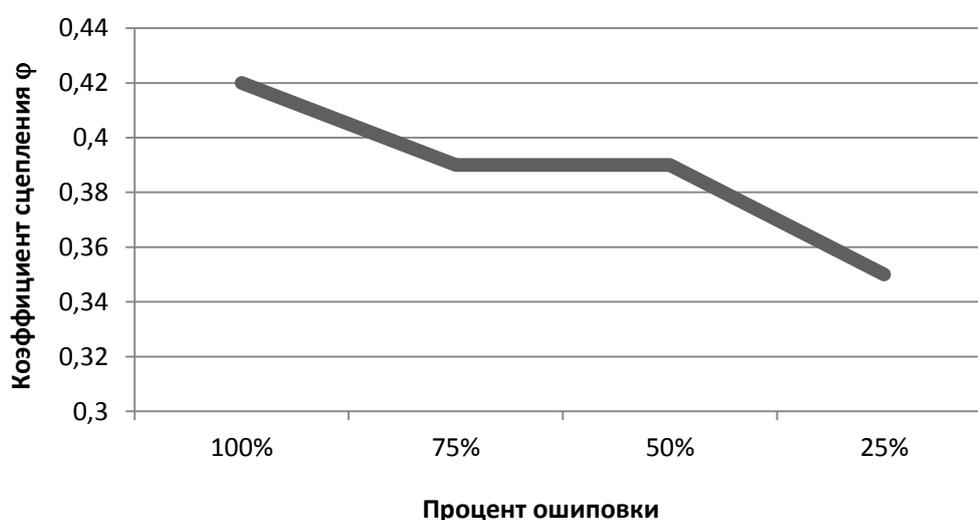


Рисунок 4.8 – Изменение коэффициента сцепления при нагрузке на колесо 400 кг

На рисунке 4.9 представлена динамика изменения коэффициента сцепления на покрытии «чистый лед» в зависимости от процента ошиповки в пятне контакта при отсутствии нагрузки на колесо.

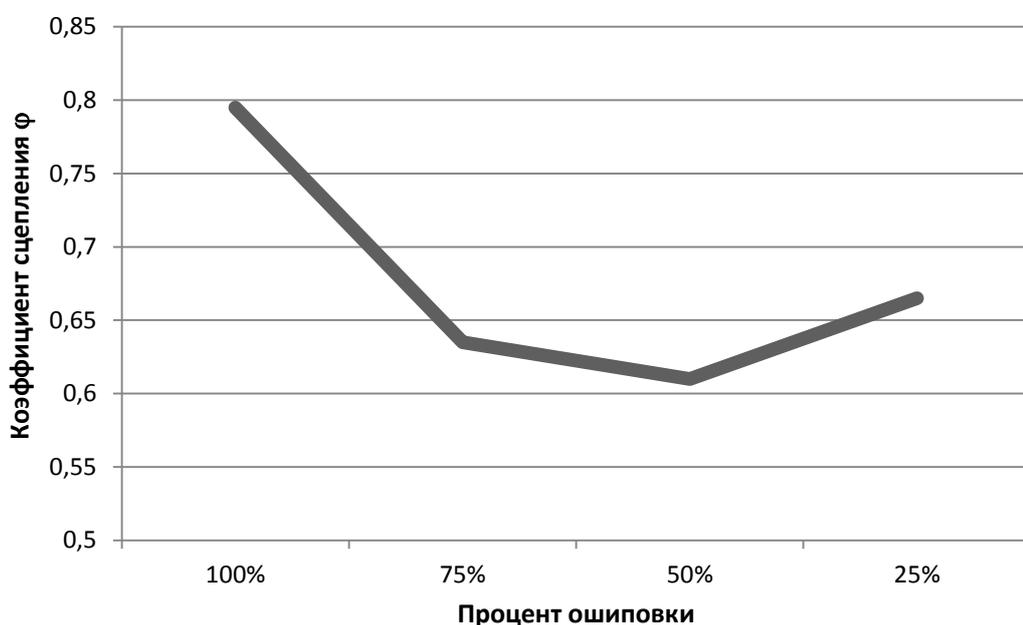


Рисунок 4.9 – Изменение коэффициента сцепления при отсутствии нагрузки на колесо

На основании проведенных испытаний при нагрузке на колесо 400 кг можно сделать вывод о том, что на чистом льду с уменьшением количества шипов в пятне контакта наблюдается снижение коэффициента сцепления (при 100%-й ошиповке шины $\varphi=0,42$, при 25%-й ошиповке шины $\varphi=0,35$).

При отсутствии нагрузки на колесо коэффициент сцепления снижается при уменьшении количества шипов в пятне контакта (при 100%-й ошиповке шины $\varphi=0,8$, при 50%-й ошиповке шины $\varphi=0,61$). Однако при 25%-й ошиповке колеса наблюдается увеличение данного показателя до 0,67.

4.4.4 Покрытие «лед, в верхнем слое которого содержится песок»

В таблице 4.15 представлены результаты измерений для проведения последующих расчетов.

Таблица 4.15 – Результаты измерений

| | 100% ошиповка | | 75% ошиповка | | 50% ошиповка | | 25% ошиповка | |
|---|---------------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|
| | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг |
| 1 | 170 | 28 | 160 | 28 | 150 | 24 | 130 | 22 |
| 2 | 160 | 30 | 160 | 30 | 158 | 26 | 150 | 24 |
| 3 | 168 | 32 | 158 | 30 | 150 | 28 | 168 | 24 |
| 4 | 170 | 32 | 170 | 26 | 160 | 30 | 166 | 26 |
| 5 | 162 | 28 | 160 | 28 | 150 | 28 | 164 | 26 |

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
|------|------|----------|---------|------|

23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ

Лист

56

Ввиду полученных значений при нагрузке в 400 кг из выборки исключаются: при 100% – 7,8, при 75% – 9,6, при 50% – 6,8, при 25% – 22,6. При отсутствии нагрузки из выборки исключаются: при 75% – 4,8, при 50% – 3,2, при 25% – 4.

Пересчет производится до тех пор, пока величина C_i не будет превышать значение 2σ . Результаты пересчета представлены в таблицах В.4 и В.5 в Приложении В.

Величина абсолютной ошибки измерений определяется по формуле (11).

Принимаем $t_{a,k} = 3,2$ при $n=4$, $t_{a,k} = 2,8$ при $n=5$, $t_{a,k} = 2,6$ при $n=6$, $t_{a,k} = 2,5$ при $n=7$, $t_{a,k} = 2,4$ при $n=8$, $t_{a,k} = 2,3$ при $n=9$, $t_{a,k} = 2,26$ при $n=10$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\Delta_{100\%} = 2,9$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\Delta_{75\%} = 2,5$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\Delta_{50\%} = 0,0$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\Delta_{25\%} = 3,5$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\Delta_{100\%} = 2,9$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\Delta_{75\%} = 2,8$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\Delta_{50\%} = 2,6$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\Delta_{25\%} = 2,9$.

Относительная ошибка измерений в процентах рассчитывается по формуле (12).

Результаты вычислений представлены в таблицах В.6 и В.7 в Приложении В.

Коэффициент сцепления представлен в таблице 4.16.

Таблица 4.16 – Коэффициент сцепления при нагрузке в 400 кг и при ее отсутствии

| 100% ошиповка | | 75% ошиповка | | 50% ошиповка | | 25% ошиповка | |
|---------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|
| 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг |
| 0,42-0,43 | 0,75-0,91 | 0,39-0,41 | 0,69-0,85 | 0,37 | 0,65-0,79 | 0,37-0,38 | 0,59-0,75 |

На рисунке 4.10 представлена динамика изменения коэффициента сцепления на покрытии «лед, в верхнем слое которого содержится песок» в зависимости от процента ошиповки в пятне контакта при нагрузке на колесо 400 кг.

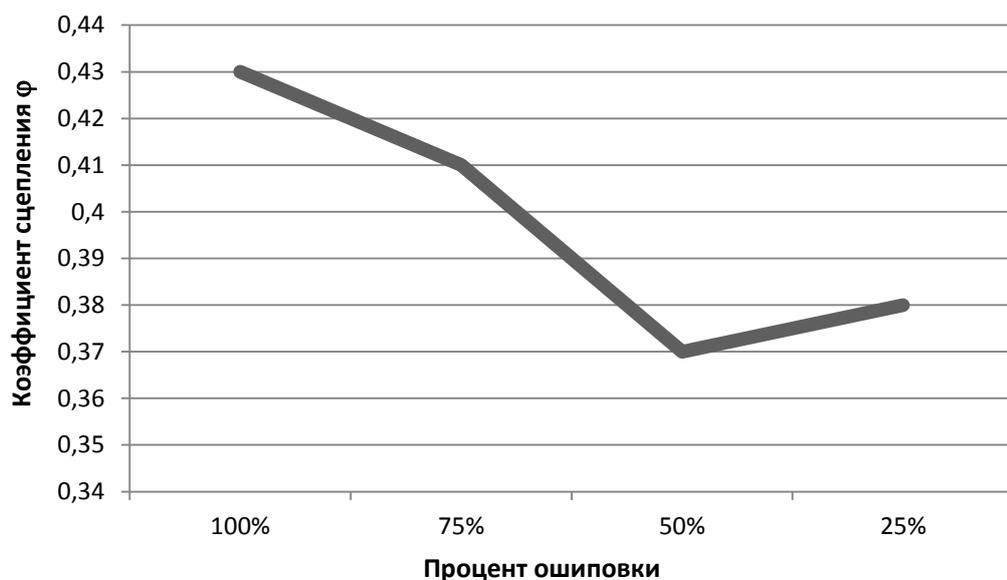


Рисунок 4.10 – Изменение коэффициента сцепления при нагрузке на колесо 400 кг

На рисунке 4.11 представлена динамика изменения коэффициента сцепления на покрытии «лед, в верхнем слое которого содержится песок» в зависимости от процента ошиповки в пятне контакта при отсутствии нагрузки на колесо.

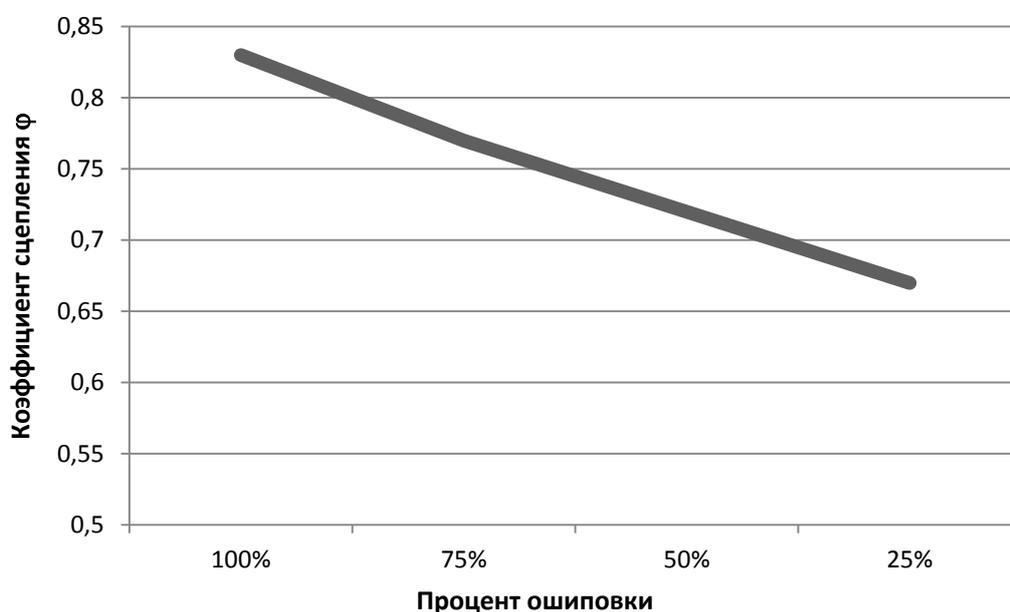


Рисунок 4.11 – Изменение коэффициента сцепления при отсутствии нагрузки на колесо

На основании проведенных испытаний при нагрузке на колесо 400 кг можно сделать вывод о том, что на льду, в верхнем слое которого содержится песок, при 100%-й ошиповке шины коэффициент сцепления не превышает 0,43. Затем показатель снижается до 0,41 при 75%-й ошиповке, до 0,37 при

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
|------|------|----------|---------|------|

23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ

Лист

59

50%-й. В дальнейшем с уменьшением количества шипов (до 25%) коэффициент сцепления увеличивается до 0,38. Наиболее вероятно, что с уменьшением количества шипов площадь контакта шины с поверхностью покрытия увеличивается.

При отсутствии нагрузки на колесо коэффициент сцепления снижается при уменьшении количества шипов в пятне контакта (при 100%-й ошиповке шины $\varphi=0,83$, при 25%-й ошиповке шины $\varphi=0,67$).

4.4.5 Покрытие «лед с примесью песка»

В таблице 4.17 представлены результаты измерений для проведения последующих расчетов.

Таблица 4.17 – Результаты измерений

| | 100% ошиповка | | 75% ошиповка | | 50% ошиповка | | 25% ошиповка | |
|----|---------------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|
| | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг |
| 1 | 164 | 24 | 140 | 26 | 132 | 22 | 122 | 20 |
| 2 | 158 | 26 | 140 | 28 | 136 | 22 | 128 | 20 |
| 3 | 164 | 26 | 146 | 28 | 136 | 22 | 132 | 22 |
| 4 | 160 | 26 | 146 | 30 | 138 | 24 | 134 | 22 |
| 5 | 158 | 24 | 146 | 28 | 138 | 24 | 130 | 24 |
| 6 | 164 | 26 | 144 | 28 | 136 | 24 | 128 | 24 |
| 7 | 160 | 28 | 146 | 30 | 136 | 24 | 126 | 22 |
| 8 | 162 | 30 | 142 | 26 | 132 | 24 | 122 | 20 |
| 9 | 164 | 26 | 146 | 30 | 138 | 24 | 124 | 22 |
| 10 | 160 | 24 | 144 | 28 | 134 | 24 | 130 | 20 |

Среднеарифметические значения измеряемых параметров определяются по формуле (7).

При нагрузке на колесо 400 кг $C_{cp100\%} = 161,4$.

При нагрузке на колесо 400 кг $C_{cp75\%} = 144$.

При нагрузке на колесо 400 кг $C_{cp50\%} = 135,6$.

При нагрузке на колесо 400 кг $C_{cp25\%} = 127,6$.

При отсутствии нагрузки на колесо $C_{cp100\%} = 26$.

При отсутствии нагрузки на колесо $C_{cp75\%} = 28,2$.

При отсутствии нагрузки на колесо $C_{cp50\%} = 23,4$.

При отсутствии нагрузки на колесо $C_{cp25\%} = 21,6$.

Величина абсолютных расхождений результатов измерений концентраций C_i со средним значением C определяется по формуле (8).

Величины расхождения результатов представлены в таблице Г.1 в Приложении Г.

Значение выборочной дисперсии определяется по формуле (9).

При нагрузке на колесо 400 кг $D_{100\%} = 2,4$.

При нагрузке на колесо 400 кг $D_{75\%} = 2,2$.

При нагрузке на колесо 400 кг $D_{50\%} = 2,0$.

При нагрузке на колесо 400 кг $D_{25\%} = 3,6$.

При отсутствии нагрузки на колесо $D_{100\%} = 1,3$.

При отсутствии нагрузки на колесо $D_{75\%} = 1,2$.

При отсутствии нагрузки на колесо $D_{50\%} = 0,9$.

При отсутствии нагрузки на колесо $D_{25\%} = 1,4$.

Среднее квадратичное отклонение определяется по формуле (10).

При нагрузке на колесо 400 кг $\sigma_{100\%} = 1,6$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\sigma_{75\%} = 1,5$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\sigma_{50\%} = 1,4$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\sigma_{25\%} = 1,9$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\sigma_{100\%} = 1,1$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\sigma_{75\%} = 1,1$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\sigma_{50\%} = 0,95$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\sigma_{25\%} = 1,2$.

Затем проводится анализ полученных результатов с учетом условия исключения «грубых промахов». Расчеты представлены в таблицах Г.2 и Г.3 в Приложении Г. Ввиду полученных значений при нагрузке в 400 кг из выборки исключаются: при 100% – 3,4, при 75% – 4,0, при 50% – 3,6, при 25% – 6,4. При отсутствии нагрузки из выборки исключаются: при 100% – 4,0. Пересчет производится до тех пор, пока величина C_i не будет превышать значение 2σ . Результаты пересчета представлены в таблицах Г.4 и Г.5 в Приложении Г. Величина абсолютной ошибки измерений определяется по формуле (11).

Принимаем $t_{a,к} = 2,8$ при $n=5$, $t_{a,к} = 2,5$ при $n=7$, $t_{a,к} = 2,4$ при $n=8$, $t_{a,к} = 2,26$ при $n=10$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\Delta_{100\%} = 3,4$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\Delta_{75\%} = 2,5$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\Delta_{50\%} = 3,1$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\Delta_{25\%} = 3,6$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\Delta_{100\%} = 2,6$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\Delta_{75\%} = 2,5$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\Delta_{50\%} = 2,2$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\Delta_{25\%} = 2,7$.

Относительная ошибка измерений в процентах рассчитывается по формуле (12). Результаты вычислений представлены в таблицах Г.6 и Г.7 в Приложении Г.

Коэффициент сцепления представлен в таблице 4.18.

Таблица 4.18 – Коэффициент сцепления при нагрузке в 400 кг и при ее отсутствии

| 100% ошиповка | | 75% ошиповка | | 50% ошиповка | | 25% ошиповка | |
|---------------|----------|--------------|----------|--------------|-----------|--------------|----------|
| 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг |
| 0,39-0,42 | 0,76-0,9 | 0,36-0,37 | 0,7-0,84 | 0,34-0,35 | 0,66-0,78 | 0,31-0,33 | 0,6-0,75 |

На рисунке 4.12 представлена динамика изменения коэффициента сцепления на покрытии «лед с примесью песка» в зависимости от процента ошиповки в пятне контакта при нагрузке на колесо 400 кг.

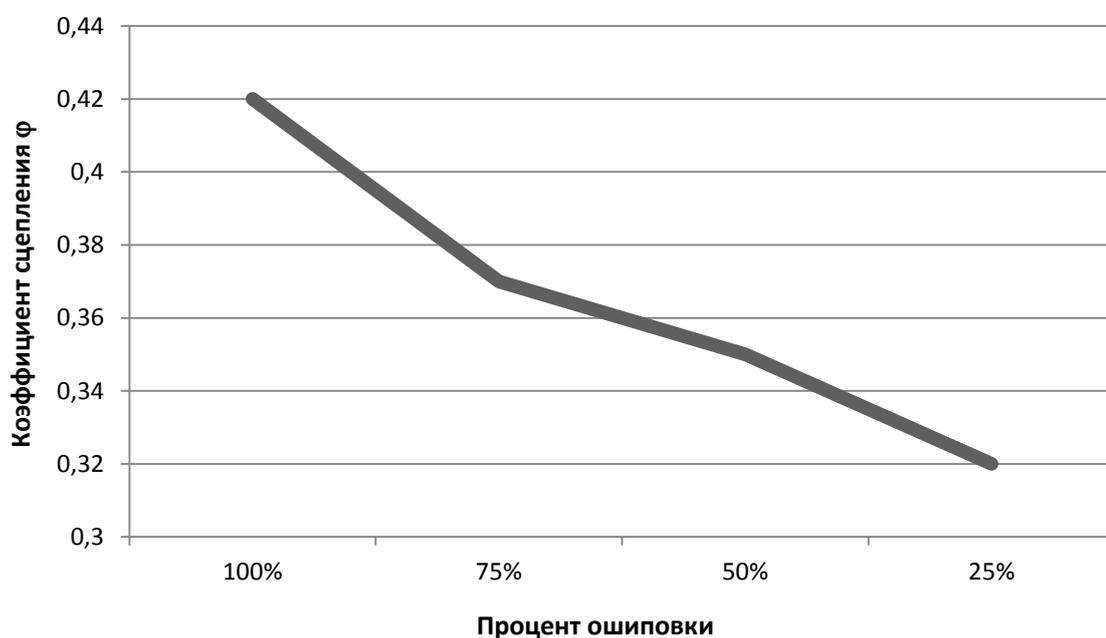


Рисунок 4.12 – Изменение коэффициента сцепления при нагрузке на колесо 400 кг

На рисунке 4.13 представлена динамика изменения коэффициента сцепления на покрытии «лед с примесью песка» в зависимости от процента ошиповки в пятне контакта при отсутствии нагрузки на колесо.

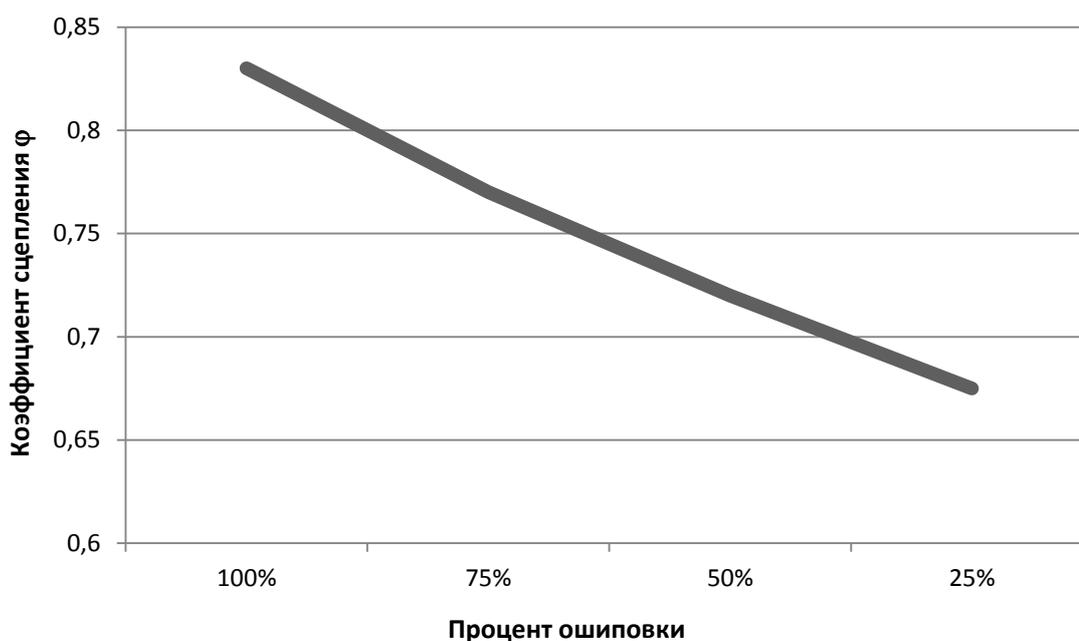


Рисунок 4.13 – Изменение коэффициента сцепления при отсутствии нагрузки на колесо

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ

Лист

62

На основании проведенных испытаний при нагрузке на колесо 400 кг можно сделать вывод о том, что на льду с примесью песка с уменьшением количества шипов в пятне контакта наблюдается снижение коэффициента сцепления (при 100%-й ошиповке шины $\varphi=0,41$, при 25%-й ошиповке шины $\varphi=0,32$).

При отсутствии нагрузки на колесо коэффициент сцепления снижается при уменьшении количества шипов в пятне контакта (при 100%-й ошиповке шины $\varphi=0,83$, при 25%-й ошиповке шины $\varphi=0,68$).

4.4.6 Покрытие «рыхлый снег»

В таблице 4.19 представлены результаты измерений для проведения последующих расчетов.

Таблица 4.19 – Результаты измерений

| | 100% ошиповка | | 75% ошиповка | | 50% ошиповка | | 25% ошиповка | |
|----|---------------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|
| | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг |
| 1 | 136 | 28 | 130 | 24 | 90 | 36 | 110 | 26 |
| 2 | 140 | 34 | 120 | 22 | 114 | 34 | 110 | 32 |
| 3 | 138 | 36 | 122 | 22 | 110 | 34 | 100 | 30 |
| 4 | 158 | 36 | 128 | 20 | 110 | 22 | 100 | 34 |
| 5 | 146 | 40 | 132 | 20 | 116 | 28 | 108 | 30 |
| 6 | 140 | 40 | 128 | 20 | 98 | 36 | 110 | 30 |
| 7 | 148 | 38 | 130 | 22 | 100 | 34 | 100 | 30 |
| 8 | 138 | 34 | 124 | 24 | 112 | 34 | 104 | 32 |
| 9 | 150 | 38 | 126 | 22 | 116 | 28 | 106 | 34 |
| 10 | 152 | 36 | 124 | 20 | 116 | 36 | 110 | 28 |

Среднеарифметические значения измеряемых параметров определяются по формуле (7).

При нагрузке на колесо 400 кг $C_{ср100\%} = 144,6$.

При нагрузке на колесо 400 кг $C_{ср75\%} = 126,4$.

При нагрузке на колесо 400 кг $C_{ср50\%} = 108,2$.

При нагрузке на колесо 400 кг $C_{ср25\%} = 105,8$.

При отсутствии нагрузки на колесо $C_{ср100\%} = 36,0$.

При отсутствии нагрузки на колесо $C_{ср75\%} = 21,6$.

При отсутствии нагрузки на колесо $C_{ср50\%} = 32,2$.

При отсутствии нагрузки на колесо $C_{ср25\%} = 30,6$.

Величина абсолютных расхождений результатов измерений концентраций C_i со средним значением C определяется по формуле (8).

Величины расхождения результатов представлены в таблице Д.1 в Приложении Д.

Значение выборочной дисперсии определяется по формуле (9).

При нагрузке на колесо 400 кг $D_{100\%} = 10,3$.

При нагрузке на колесо 400 кг $D_{75\%} = 3,6$.

При нагрузке на колесо 400 кг $D_{50\%} = 8,1$.

При нагрузке на колесо 400 кг $D_{25\%} = 4,3$.

При отсутствии нагрузки на колесо $D_{100\%} = 2,7$.

При отсутствии нагрузки на колесо $D_{75\%} = 1,4$.

При отсутствии нагрузки на колесо $D_{50\%} = 4,1$.

При отсутствии нагрузки на колесо $D_{25\%} = 2,1$.

Среднее квадратичное отклонение определяется по формуле (10).

При нагрузке на колесо 400 кг $\sigma_{100\%} = 3,2$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\sigma_{75\%} = 1,9$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\sigma_{50\%} = 2,8$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\sigma_{25\%} = 2,1$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\sigma_{100\%} = 1,6$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\sigma_{75\%} = 1,2$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\sigma_{50\%} = 2,0$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\sigma_{25\%} = 1,4$.

Затем проводится анализ полученных результатов с учетом условия исключения «грубых промахов». Расчеты представлены в таблицах Д.2 и Д.3 в Приложении Д.

Ввиду полученных значений при нагрузке в 400 кг из выборки исключаются: при 100% – 13,4, при 75% – 6,4, при 50% – 18,2, при 25% – 5,8. При отсутствии нагрузки из выборки исключаются: при 100% – 8,0, при 50% – 10,2, при 25% – 4,6.

Пересчет производится до тех пор, пока величина C_i не будет превышать значение 2σ . Результаты пересчета представлены в таблицах Д.4 и Д.5 в Приложении Д.

Величина абсолютной ошибки измерений определяется по формуле (11).

Принимаем $t_{a,к} = 2,8$ при $n=5$, $t_{a,к} = 2,5$ при $n=7$, $t_{a,к} = 2,4$ при $n=8$, $t_{a,к} = 2,26$ при $n=10$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\Delta_{100\%} = 5,6$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\Delta_{75\%} = 3,8$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\Delta_{50\%} = 4,1$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\Delta_{25\%} = 2,5$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\Delta_{100\%} = 2,6$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\Delta_{75\%} = 2,8$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\Delta_{50\%} = 2,6$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\Delta_{25\%} = 3,1$.

Относительная ошибка измерений в процентах рассчитывается по формуле (12). Результаты вычислений представлены в таблицах Д.6 и Д.7 в Приложении Д.

Коэффициент сцепления представлен в таблице 4.20.

Таблица 4.20 – Коэффициент сцепления при нагрузке в 400 кг и при ее отсутствии

| 100% ошиповка | | 75% ошиповка | | 50% ошиповка | | 25% ошиповка | |
|---------------|----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|
| 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг |
| 0,35-0,37 | 0,94-1,0 | 0,31-0,33 | 0,55-0,66 | 0,28-0,29 | 0,94-0,99 | 0,27-0,28 | 0,83-0,94 |

На рисунке 4.14 представлена динамика изменения коэффициента сцепления на покрытии «рыхлый снег» в зависимости от процента ошиповки в пятне контакта при нагрузке на колесо 400 кг.

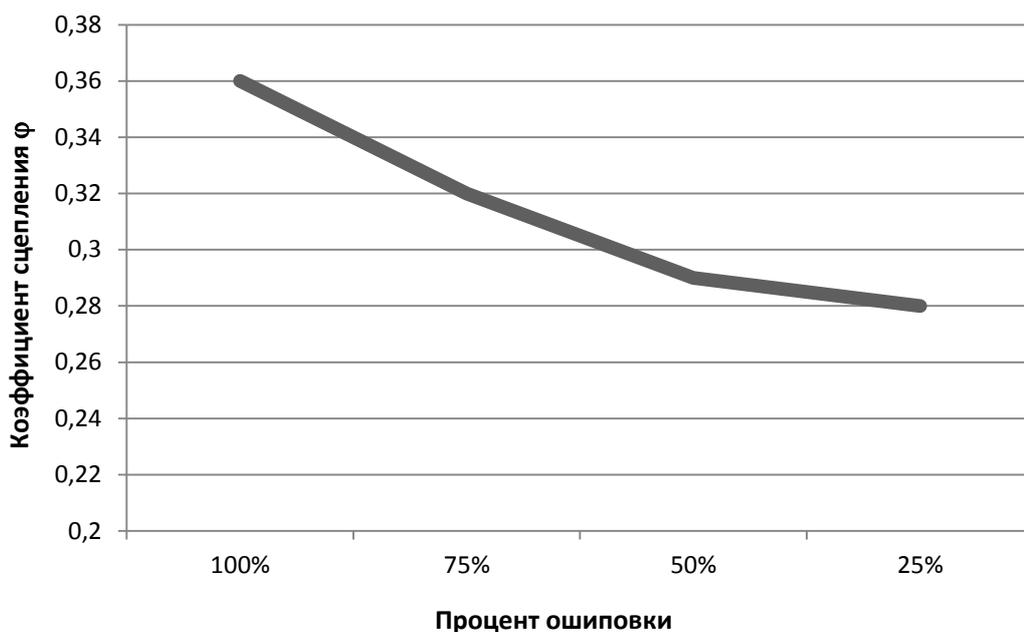


Рисунок 4.14 – Изменение коэффициента сцепления при нагрузке на колесо 400 кг

На рисунке 4.15 представлена динамика изменения коэффициента сцепления на покрытии «рыхлый снег» в зависимости от процента ошиповки в пятне контакта при отсутствии нагрузки на колесо.

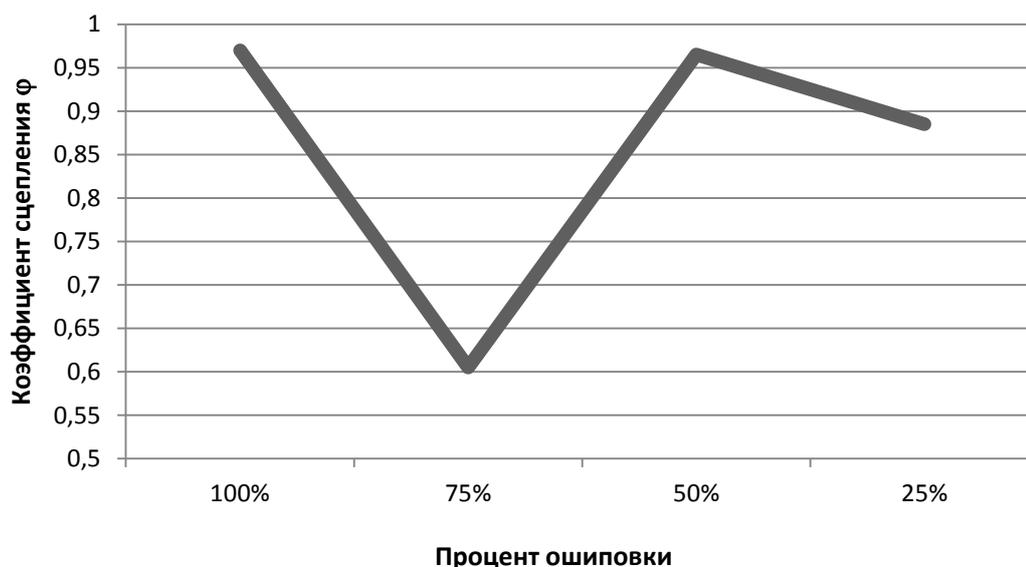


Рисунок 4.15 – Изменение коэффициента сцепления при отсутствии нагрузки на колесо

На основании проведенных испытаний при нагрузке на колесо 400 кг можно сделать вывод о том, что на рыхлом снеге с уменьшением количества шипов в пятне контакта наблюдается снижение коэффициента сцепления (при 100%-й ошиповке шины $\varphi=0,36$, при 25%-й ошиповке шины $\varphi=0,28$).

При отсутствии нагрузки на колесо коэффициент увеличивается до 0,97 и 0,96 при 100%-й и 50%-й ошиповке шины соответственно. При 75%-й и 25%-й ошиповке шины наблюдается его снижение до 0,6 и 0,89 соответственно.

4.4.7 Покрытие «уплотненный снег (снежный накат)»

В таблице 4.21 представлены результаты измерений для проведения последующих расчетов.

Таблица 4.21 – Результаты измерений

| | 100% ошиповка | | 75% ошиповка | | 50% ошиповка | | 25% ошиповка | |
|----|---------------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|
| | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг |
| 1 | 140 | 24 | 140 | 18 | 118 | 30 | 122 | 28 |
| 2 | 150 | 22 | 124 | 16 | 108 | 38 | 120 | 26 |
| 3 | 138 | 22 | 120 | 16 | 118 | 38 | 118 | 32 |
| 4 | 136 | 20 | 136 | 18 | 116 | 36 | 118 | 30 |
| 5 | 150 | 26 | 132 | 16 | 116 | 36 | 110 | 34 |
| 6 | 130 | 20 | 130 | 18 | 116 | 24 | 116 | 36 |
| 7 | 138 | 24 | 130 | 18 | 118 | 34 | 110 | 32 |
| 8 | 140 | 22 | 132 | 16 | 118 | 36 | 118 | 34 |
| 9 | 142 | 20 | 134 | 18 | 114 | 38 | 116 | 36 |
| 10 | 138 | 22 | 136 | 16 | 116 | 36 | 120 | 36 |

Среднеарифметические значения измеряемых параметров определяются по формуле (7).

При нагрузке на колесо 400 кг $C_{cp100\%} = 140,2$.

При нагрузке на колесо 400 кг $C_{cp75\%} = 131,4$.

При нагрузке на колесо 400 кг $C_{cp50\%} = 115,8$.

При нагрузке на колесо 400 кг $C_{cp25\%} = 116,8$.

При отсутствии нагрузки на колесо $C_{cp100\%} = 22,0$.

При отсутствии нагрузки на колесо $C_{cp75\%} = 17,0$.

При отсутствии нагрузки на колесо $C_{cp50\%} = 34,6$.

При отсутствии нагрузки на колесо $C_{cp25\%} = 32,4$.

Величина абсолютных расхождений результатов измерений концентраций C_i со средним значением C определяется по формуле (8). Величины расхождения результатов представлены в таблице Е.1 в Приложении Е.

Значение выборочной дисперсии определяется по формуле (9).

При нагрузке на колесо 400 кг $D_{100\%} = 4,8$.

При нагрузке на колесо 400 кг $D_{75\%} = 4,8$.

При нагрузке на колесо 400 кг $D_{50\%} = 2,1$.

При нагрузке на колесо 400 кг $D_{25\%} = 3,4$.

При отсутствии нагрузки на колесо $D_{100\%} = 1,6$.

При отсутствии нагрузки на колесо $D_{75\%} = 1,1$.

При отсутствии нагрузки на колесо $D_{50\%} = 3,5$.

При отсутствии нагрузки на колесо $D_{25\%} = 3,1$.

Среднее квадратичное отклонение определяется по формуле (10).

При нагрузке на колесо 400 кг $\sigma_{100\%} = 2,2$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\sigma_{75\%} = 2,2$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\sigma_{50\%} = 1,4$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\sigma_{25\%} = 1,8$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\sigma_{100\%} = 1,3$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\sigma_{75\%} = 1,0$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\sigma_{50\%} = 1,9$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\sigma_{25\%} = 1,8$.

Затем проводится анализ полученных результатов с учетом условия исключения «грубых промахов». Расчеты представлены в таблицах Е.2 и Е.3 в Приложении Е.

Ввиду полученных значений при нагрузке в 400 кг из выборки исключаются: при 100% – 10,2, при 75% – 11,4, при 50% – 7,8, при 25% – 7,8. При отсутствии нагрузки из выборки исключаются: при 100% – 3,8, при 50% – 10,6, при 25% – 6,4.

Пересчет производится до тех пор, пока величина C_i не будет превышать значение 2σ . Результаты пересчета представлены в таблицах Е.4 и Е.5 в Приложении Е.

Величина абсолютной ошибки измерений определяется по формуле (11).

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 67 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ | | | | |

Принимаем $t_{a,k} = 2,8$ при $n=5$, $t_{a,k} = 2,5$ при $n=7$, $t_{a,k} = 2,4$ при $n=8$,
 $t_{a,k} = 2,3$ при $n=9$, $t_{a,k} = 2,26$ при $n=10$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\Delta_{100\%} = 3,1$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\Delta_{75\%} = 2,8$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\Delta_{50\%} = 2,4$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\Delta_{25\%} = 3,1$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\Delta_{100\%} = 2,5$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\Delta_{75\%} = 2,3$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\Delta_{50\%} = 2,4$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\Delta_{25\%} = 3,1$.

Относительная ошибка измерений в процентах рассчитывается по формуле (12). Результаты вычислений представлены в таблицах Е.6 и Е.7 в Приложении Е.

Коэффициент сцепления представлен в таблице 4.22.

Таблица 4.22 – Коэффициент сцепления при нагрузке в 400 кг и при ее отсутствии

| 100% ошиповка | | 75% ошиповка | | 50% ошиповка | | 25% ошиповка | |
|---------------|-----------|--------------|-----------|--------------|----------|--------------|-----------|
| 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг |
| 0,34-0,35 | 0,55-0,66 | 0,33-0,34 | 0,44-0,50 | 0,29-0,30 | 0,99-1,0 | 0,29-0,30 | 0,88-0,99 |

На рисунке 4.16 представлена динамика изменения коэффициента сцепления на покрытии «снежный накат» в зависимости от процента ошиповки в пятне контакта при нагрузке на колесо 400 кг.

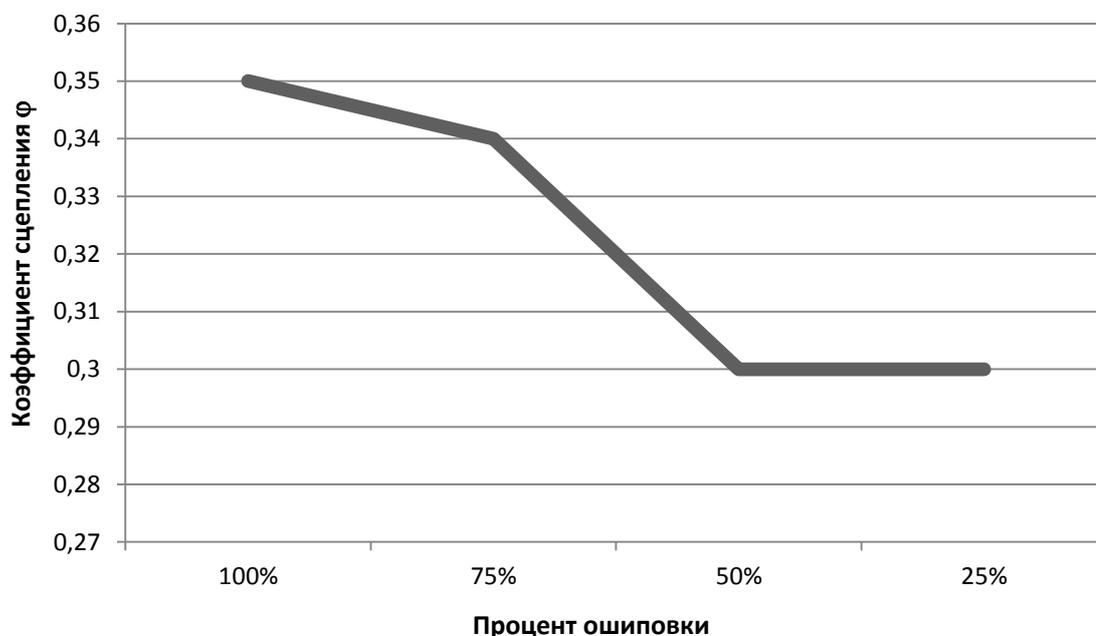


Рисунок 4.16 – Изменение коэффициента сцепления при нагрузке на колесо 400 кг

На рисунке 4.17 представлена динамика изменения коэффициента сцепления на покрытии «снежный накат» в зависимости от процента ошиповки в пятне контакта при отсутствии нагрузки на колесо.

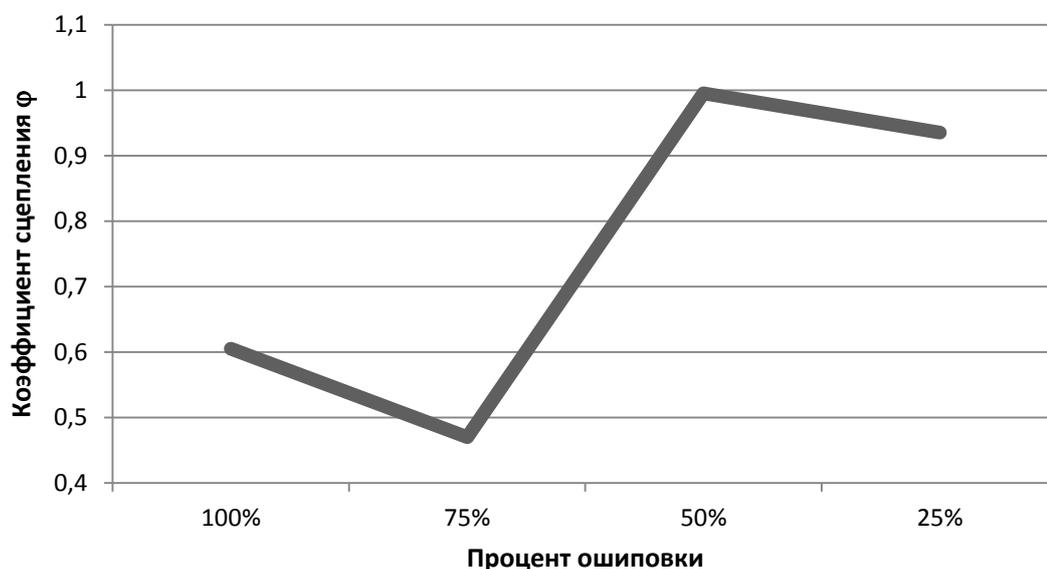


Рисунок 4.17 – Изменение коэффициента сцепления при отсутствии нагрузки на колесо

На основании проведенных испытаний при нагрузке на колесо 400 кг можно сделать вывод о том, что на снежном накате с уменьшением количества шипов в пятне контакта наблюдается снижение коэффициента сцепления (при 100%-й ошиповке шины $\varphi=0,35$, при 25%-й ошиповке шины $\varphi=0,3$).

При отсутствии нагрузки на колесо при 100%-й и 50%-й ошиповке шины коэффициент сцепления увеличивается до 0,61 и 0,99 соответственно. При 75%-й и 25%-й ошиповке шины наблюдается его снижение до 0,47 и 0,93 соответственно.

4.4.8 Покрытие «снежный накат с примесью песочной крошки»

В таблице 4.23 представлены результаты измерений для проведения последующих расчетов.

Таблица 4.23 – Результаты измерений

| | 100% ошиповка | | 75% ошиповка | | 50% ошиповка | | 25% ошиповка | |
|---|---------------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|
| | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг |
| 1 | 122 | 26 | 130 | 22 | 136 | 30 | 150 | 28 |
| 2 | 128 | 30 | 134 | 20 | 140 | 30 | 144 | 30 |
| 3 | 134 | 30 | 130 | 30 | 138 | 28 | 152 | 26 |
| 4 | 120 | 28 | 130 | 24 | 136 | 34 | 150 | 32 |
| 5 | 122 | 30 | 128 | 24 | 136 | 34 | 152 | 34 |

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
|------|------|----------|---------|------|

23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ

Лист

69

Продолжение таблицы 4.23

| | | | | | | | | |
|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|
| 6 | 128 | 28 | 134 | 26 | 130 | 34 | 148 | 36 |
| 7 | 126 | 30 | 134 | 24 | 140 | 32 | 146 | 32 |
| 8 | 124 | 32 | 130 | 22 | 158 | 34 | 150 | 28 |
| 9 | 130 | 34 | 132 | 26 | 136 | 34 | 152 | 30 |
| 10 | 128 | 30 | 134 | 30 | 140 | 34 | 152 | 30 |

Среднеарифметические значения измеряемых параметров определяются по формуле (7).

При нагрузке на колесо 400 кг $C_{cp100\%} = 126,2$.

При нагрузке на колесо 400 кг $C_{cp75\%} = 131,6$.

При нагрузке на колесо 400 кг $C_{cp50\%} = 139,0$.

При нагрузке на колесо 400 кг $C_{cp25\%} = 149,6$.

При отсутствии нагрузки на колесо $C_{cp100\%} = 29,8$.

При отсутствии нагрузки на колесо $C_{cp75\%} = 24,8$.

При отсутствии нагрузки на колесо $C_{cp50\%} = 32,4$.

При отсутствии нагрузки на колесо $C_{cp25\%} = 30,6$.

Величина абсолютных расхождений результатов измерений концентраций C_i со средним значением C определяется по формуле (8). Величины расхождения результатов представлены в таблице Ж.1 в Приложении Ж.

Значение выборочной дисперсии определяется по формуле (9).

При нагрузке на колесо 400 кг $D_{100\%} = 3,8$.

При нагрузке на колесо 400 кг $D_{75\%} = 2,2$.

При нагрузке на колесо 400 кг $D_{50\%} = 4,9$.

При нагрузке на колесо 400 кг $D_{25\%} = 2,4$.

При отсутствии нагрузки на колесо $D_{100\%} = 1,6$.

При отсутствии нагрузки на колесо $D_{75\%} = 2,8$.

При отсутствии нагрузки на колесо $D_{50\%} = 2,1$.

При отсутствии нагрузки на колесо $D_{25\%} = 2,6$.

Среднее квадратичное отклонение определяется по формуле (10).

При нагрузке на колесо 400 кг $\sigma_{100\%} = 1,9$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\sigma_{75\%} = 1,5$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\sigma_{50\%} = 2,2$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\sigma_{25\%} = 1,5$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\sigma_{100\%} = 1,3$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\sigma_{75\%} = 1,7$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\sigma_{50\%} = 1,4$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\sigma_{25\%} = 1,6$.

Затем проводится анализ полученных результатов с учетом условия исключения «грубых промахов». Расчеты представлены в таблицах Ж.2 и Ж.3 в Приложении Ж.

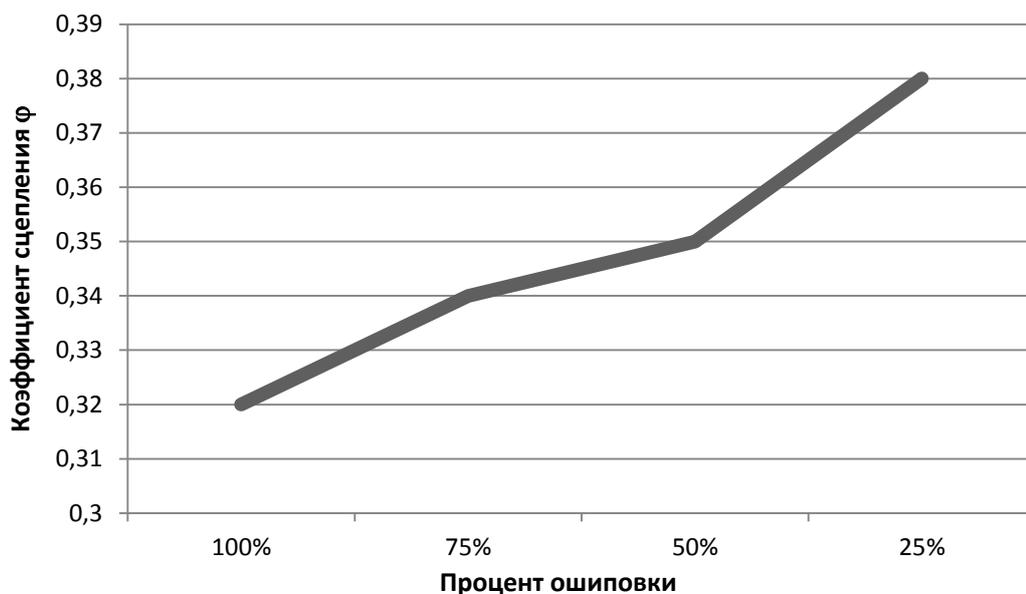


Рисунок 4.18 – Изменение коэффициента сцепления при нагрузке на колесо 400 кг

На рисунке 4.19 представлена динамика изменения коэффициента сцепления на покрытии «снежный накат с примесью песочной крошки» в зависимости от процента ошиповки в пятне контакта при отсутствии нагрузки на колесо.

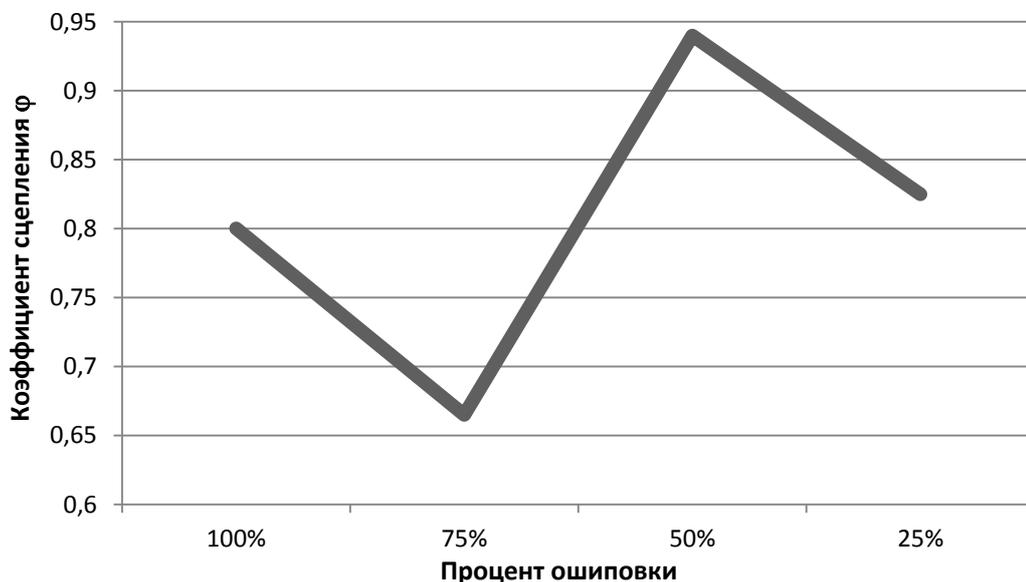


Рисунок 4.19 – Изменение коэффициента сцепления при отсутствии нагрузки на колесо

На основании проведенных испытаний при нагрузке на колесо 400 кг можно сделать вывод о том, что на снежном накате с примесью песочной крошки с уменьшением количества шипов в пятне контакта наблюдается повышение коэффициента сцепления (при 100%-й ошиповке шины $\phi=0,32$, при 25%-й ошиповке шины $\phi=0,38$). Наиболее вероятно, что данный рост

коэффициента сцепления объясняется тем, что помимо шипов, контактирующих с поверхностью, шина взаимодействует с песком.

При отсутствии нагрузки на колесо при 100%-й и 50%-й ошиповке шины коэффициент сцепления увеличивается до 0,8 и 0,94 соответственно. При 75%-й и 25%-й ошиповке шины наблюдается его снижение до 0,67 и 0,83 соответственно.

4.4.9 Покрытие «сухой мерзлый асфальт»

В таблице 4.25 представлены результаты измерений для проведения последующих расчетов.

Таблица 4.25 – Результаты измерений

| | 100% ошиповка | | 75% ошиповка | | 50% ошиповка | | 25% ошиповка | |
|----|---------------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|
| | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг |
| 1 | 144 | 24 | 144 | 22 | 150 | 28 | 158 | 30 |
| 2 | 158 | 28 | 148 | 22 | 150 | 24 | 158 | 40 |
| 3 | 150 | 28 | 148 | 24 | 156 | 28 | 160 | 40 |
| 4 | 148 | 26 | 150 | 22 | 154 | 26 | 162 | 30 |
| 5 | 152 | 30 | 150 | 24 | 150 | 28 | 150 | 30 |
| 6 | 148 | 28 | 148 | 24 | 154 | 28 | 158 | 26 |
| 7 | 144 | 26 | 146 | 24 | 152 | 28 | 160 | 30 |
| 8 | 142 | 24 | 150 | 22 | 156 | 28 | 162 | 36 |
| 9 | 144 | 28 | 152 | 24 | 154 | 30 | 160 | 36 |
| 10 | 146 | 26 | 148 | 22 | 154 | 26 | 160 | 34 |

Среднеарифметические значения измеряемых параметров определяются по формуле (7).

При нагрузке на колесо 400 кг $C_{ср100\%} = 147,6$.

При нагрузке на колесо 400 кг $C_{ср75\%} = 148,2$.

При нагрузке на колесо 400 кг $C_{ср50\%} = 153,0$.

При нагрузке на колесо 400 кг $C_{ср25\%} = 158,8$.

При отсутствии нагрузки на колесо $C_{ср100\%} = 26,8$.

При отсутствии нагрузки на колесо $C_{ср75\%} = 23,0$.

При отсутствии нагрузки на колесо $C_{ср50\%} = 27,4$.

При отсутствии нагрузки на колесо $C_{ср25\%} = 33,2$.

Величина абсолютных расхождений результатов измерений концентраций C_i со средним значением C определяется по формуле (8). Величины расхождения результатов представлены в таблице К.1 в Приложении К.

Значение выборочной дисперсии определяется по формуле (9).

При нагрузке на колесо 400 кг $D_{100\%} = 4,0$.

При нагрузке на колесо 400 кг $D_{75\%} = 1,9$.

При нагрузке на колесо 400 кг $D_{50\%} = 2,2$.

При нагрузке на колесо 400 кг $D_{25\%} = 2,5$.

При отсутствии нагрузки на колесо $D_{100\%} = 1,8$.

При отсутствии нагрузки на колесо $D_{75\%} = 1,1$.

При отсутствии нагрузки на колесо $D_{50\%} = 1,4$.

При отсутствии нагрузки на колесо $D_{25\%} = 4,4$.

Среднее квадратичное отклонение определяется по формуле (10).

При нагрузке на колесо 400 кг $\sigma_{100\%} = 2,0$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\sigma_{75\%} = 1,4$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\sigma_{50\%} = 1,5$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\sigma_{25\%} = 1,6$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\sigma_{100\%} = 1,3$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\sigma_{75\%} = 1,0$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\sigma_{50\%} = 1,2$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\sigma_{25\%} = 2,1$.

Затем проводится анализ полученных результатов с учетом условия исключения «грубых промахов». Расчеты представлены в таблицах К.2 и К.3 в Приложении К.

Ввиду полученных значений при нагрузке в 400 кг из выборки исключаются: при 100% – 10,4, при 75% – 4,4, при 25% – 8,8. При отсутствии нагрузки из выборки исключаются: при 100% – 3,2, при 50% – 3,4, при 25% – 7,2. Пересчет производится до тех пор, пока величина C_i не будет превышать значение 2σ . Результаты пересчета представлены в таблицах К.4 и К.5 в Приложении К.

Величина абсолютной ошибки измерений определяется по формуле (11). Принимаем $t_{a,k} = 2,6$ при $n=6$, $t_{a,k} = 2,5$ при $n=7$, $t_{a,k} = 2,4$ при $n=8$, $t_{a,k} = 2,3$ при $n=9$, $t_{a,k} = 2,3$ при $n=10$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\Delta_{100\%} = 3,6$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\Delta_{75\%} = 2,6$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\Delta_{50\%} = 3,5$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\Delta_{25\%} = 2,5$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\Delta_{100\%} = 3,0$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\Delta_{75\%} = 2,3$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\Delta_{50\%} = 2,4$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\Delta_{25\%} = 4,8$.

Относительная ошибка измерений в процентах рассчитывается по формуле (12). Результаты вычислений представлены в таблицах К.6 и К.7 в Приложении К. Коэффициент сцепления представлен в таблице 4.26.

Таблица 4.26 – Коэффициент сцепления при нагрузке в 400 кг и при ее отсутствии

| 100% ошиповка | | 75% ошиповка | | 50% ошиповка | | 25% ошиповка | |
|---------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|
| 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг |
| 0,36-0,37 | 0,66-0,77 | 0,37-0,38 | 0,61-0,66 | 0,38-0,39 | 0,72-0,77 | 0,40-0,41 | 0,83-0,99 |

На рисунке 4.20 представлена динамика изменения коэффициента сцепления на покрытии «сухой мерзлый асфальт» в зависимости от процента ошиповки в пятне контакта при нагрузке на колесо 400 кг.

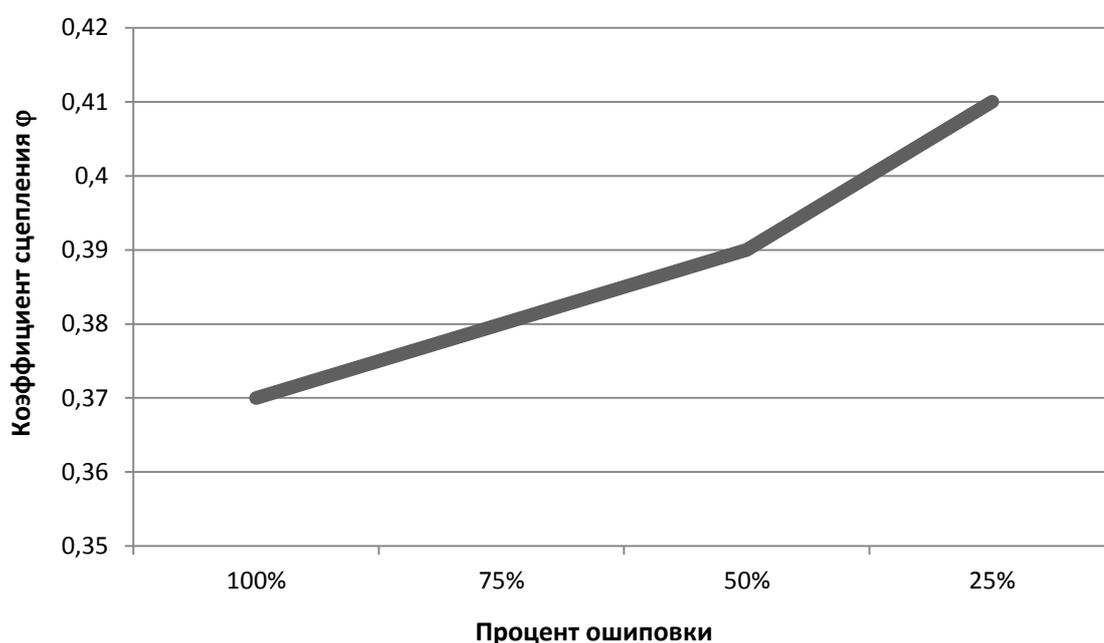


Рисунок 4.20 – Изменение коэффициента сцепления при нагрузке на колесо 400 кг

На рисунке 4.21 представлена динамика изменения коэффициента сцепления на покрытии «сухой мерзлый асфальт» в зависимости от процента ошиповки в пятне контакта при отсутствии нагрузки на колесо.

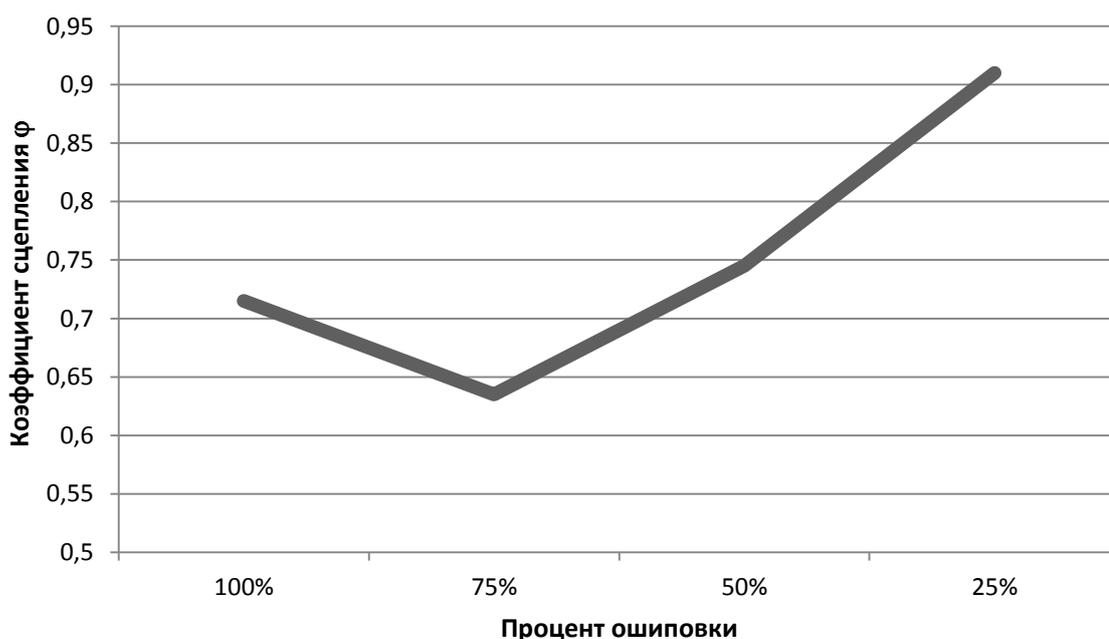


Рисунок 4.21 – Изменение коэффициента сцепления при отсутствии нагрузки на колесо

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ

Лист

75

На основании проведенных испытаний можно сделать вывод о том, что на сухом мерзлом асфальте с уменьшением количества шипов в пятне контакта при нагрузке на колесо 400 кг наблюдается повышение коэффициента сцепления (при 100%-й ошиповке шины $\varphi=0,37$, при 25%-й ошиповке шины $\varphi=0,41$). Вероятнее всего увеличение коэффициента сцепления объясняется тем, что с уменьшением количества шипов в пятне контакта, площадь прилегания шины к поверхности покрытия повышается.

При отсутствии нагрузки на колесо при 100%-й ошиповке шины коэффициент сцепления составляет 0,72. При 75%-й ошиповке получаем самое низкое значение коэффициента сцепления равное 0,64. После чего показатель возрастает до 0,75 при 50%-й ошиповке, до 0,91 при 25%-й ошиповке шины.

4.4.10 Покрытие «мерзлый асфальт с признаками влаги (росы)»

В таблице 4.27 представлены результаты измерений для проведения последующих расчетов.

Таблица 4.27 – Результаты измерений

| | 100% ошиповка | | 75% ошиповка | | 50% ошиповка | | 25% ошиповка | |
|----|---------------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|
| | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг |
| 1 | 154 | 26 | 122 | 20 | 148 | 26 | 142 | 28 |
| 2 | 142 | 24 | 122 | 22 | 144 | 22 | 146 | 38 |
| 3 | 148 | 24 | 146 | 20 | 152 | 26 | 146 | 38 |
| 4 | 150 | 28 | 144 | 22 | 150 | 24 | 158 | 28 |
| 5 | 146 | 24 | 148 | 20 | 154 | 26 | 148 | 28 |
| 6 | 146 | 26 | 150 | 22 | 148 | 26 | 156 | 28 |
| 7 | 146 | 24 | 146 | 20 | 152 | 26 | 152 | 28 |
| 8 | 144 | 24 | 142 | 22 | 148 | 26 | 156 | 34 |
| 9 | 146 | 26 | 146 | 22 | 150 | 28 | 158 | 34 |
| 10 | 146 | 26 | 144 | 20 | 148 | 26 | 158 | 34 |

Среднеарифметические значения измеряемых параметров определяются по формуле (7).

При нагрузке на колесо 400 кг $C_{cp100\%} = 146,8$.

При нагрузке на колесо 400 кг $C_{cp75\%} = 141,0$.

При нагрузке на колесо 400 кг $C_{cp50\%} = 149,4$.

При нагрузке на колесо 400 кг $C_{cp25\%} = 152,0$.

При отсутствии нагрузки на колесо $C_{cp100\%} = 25,2$.

При отсутствии нагрузки на колесо $C_{cp75\%} = 21,0$.

При отсутствии нагрузки на колесо $C_{cp50\%} = 25,6$.

При отсутствии нагрузки на колесо $C_{cp25\%} = 31,8$.

Величина абсолютных расхождений результатов измерений концентраций C_i со средним значением C определяется по формуле (8).

Величины расхождения результатов представлены в таблице Л.1 в Приложении Л.

Значение выборочной дисперсии определяется по формуле (9).

При нагрузке на колесо 400 кг $D_{100\%} = 2,6$.

При нагрузке на колесо 400 кг $D_{75\%} = 8,4$.

При нагрузке на колесо 400 кг $D_{50\%} = 2,4$.

При нагрузке на колесо 400 кг $D_{25\%} = 5,8$.

При отсутствии нагрузки на колесо $D_{100\%} = 1,3$.

При отсутствии нагрузки на колесо $D_{75\%} = 1,1$.

При отсутствии нагрузки на колесо $D_{50\%} = 1,2$.

При отсутствии нагрузки на колесо $D_{25\%} = 4,2$.

Среднее квадратичное отклонение определяется по формуле (10).

При нагрузке на колесо 400 кг $\sigma_{100\%} = 1,6$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\sigma_{75\%} = 2,9$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\sigma_{50\%} = 1,5$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\sigma_{25\%} = 2,4$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\sigma_{100\%} = 1,1$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\sigma_{75\%} = 1,0$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\sigma_{50\%} = 1,1$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\sigma_{25\%} = 2,0$.

Затем проводится анализ полученных результатов с учетом условия исключения «грубых промахов». Расчеты представлены в таблицах Л.2 и Л.3 в Приложении Л.

Ввиду полученных значений при нагрузке в 400 кг из выборки исключаются: при 100% – 7,2, при 75% – 19,0, при 50% – 5,4, при 25% – 10,0. При отсутствии нагрузки из выборки исключаются: при 100% – 2,8, при 50% – 3,6, при 25% – 6,2.

Пересчет производится до тех пор, пока величина C_i не будет превышать значение 2σ . Результаты пересчета представлены в таблицах Л.4 и Л.5 в Приложении Л. Величина абсолютной ошибки измерений определяется по формуле (11).

Принимаем $t_{a,k} = 2,8$ при $n = 5$, $t_{a,k} = 2,4$ при $n=8$, $t_{a,k} = 2,3$ при $n=9$, $t_{a,k} = 2,3$ при $n=10$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\Delta_{100\%} = 0,0$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\Delta_{75\%} = 3,1$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\Delta_{50\%} = 3,1$.

При нагрузке на колесо 400 кг $\Delta_{25\%} = 3,1$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\Delta_{100\%} = 2,3$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\Delta_{75\%} = 2,3$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\Delta_{50\%} = 0,0$.

При отсутствии нагрузки на колесо $\Delta_{25\%} = 0,0$.

Относительная ошибка измерений в процентах рассчитывается по формуле (12).

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 77 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ | | | | |

Результаты вычислений представлены в таблицах Л.6 и Л.7 в Приложении Л.

Коэффициент сцепления представлен в таблице 4.28.

Таблица 4.28 – Коэффициент сцепления при нагрузке в 400 кг и при ее отсутствии

| 100% ошиповка | | 75% ошиповка | | 50% ошиповка | | 25% ошиповка | |
|---------------|-----------|--------------|-----------|--------------|------|--------------|------|
| 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг |
| 0,37 | 0,66-0,72 | 0,36-0,37 | 0,55-0,61 | 0,37-0,38 | 0,72 | 0,39-0,40 | 0,77 |

На рисунке 4.22 представлена динамика изменения коэффициента сцепления на покрытии «мерзлый асфальт с признаками влаги (росы)» в зависимости от процента ошиповки в пятне контакта при нагрузке на колесо 400 кг.

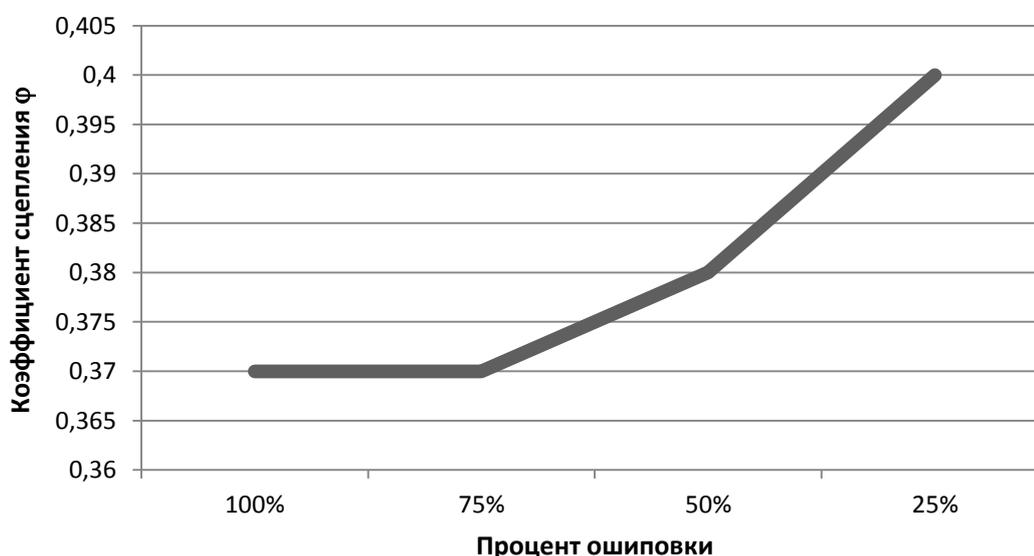


Рисунок 4.22 – Изменение коэффициента сцепления при нагрузке на колесо 400 кг

На рисунке 4.23 представлена динамика изменения коэффициента сцепления на покрытии «мерзлый асфальт с признаками влаги (росы)» в зависимости от процента ошиповки в пятне контакта при отсутствии нагрузки на колесо.

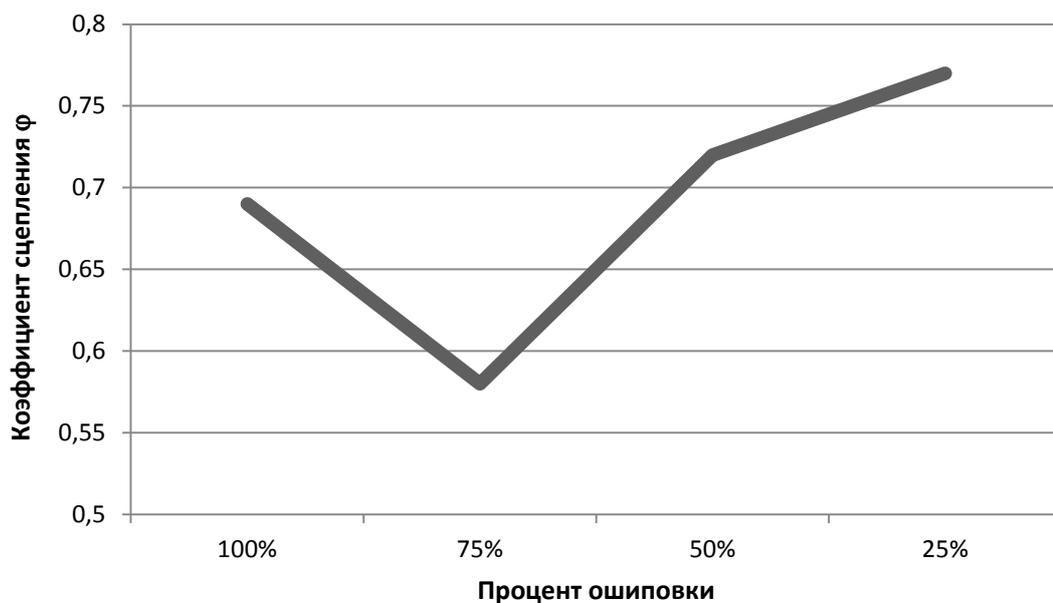


Рисунок 4.23 – Изменение коэффициента сцепления при отсутствии нагрузки на колесо

На основании проведенных испытаний при нагрузке на колесо 400 кг можно сделать вывод о том, что на мерзлом асфальте с признаками влаги с уменьшением количества шипов в пятне контакта наблюдается повышение коэффициента сцепления (при 100%-й ошиповке шины $\varphi=0,37$, при 25%-й ошиповке шины $\varphi=0,4$).

При отсутствии нагрузки на колесо при 100%-й ошиповке шины коэффициент сцепления составляет 0,69. При 75%-й получаем самое низкое значение коэффициента сцепления равное 0,58. После чего показатель возрастает до 0,72 при 50%-й ошиповке шины, до 0,77 при 25%-й.

В результате проведенного исследования можно сделать вывод о том, что изменение количества шипов не в одинаковой степени влияет на коэффициент сцепления. Так, с уменьшением количества шипов показатель увеличивается на мокром асфальте, льду, где в верхнем слое содержится песок, снежном накате с примесью песочной крошки, сухом мерзлом асфальте и мерзлом асфальте с признаками влаги (росы). Коэффициент сцепления снижается при сокращении количества шипов на сухом асфальте, чистом льду, льду с примесью песка, рыхлом снегу, снежном накате.

Наиболее вероятно, что коэффициент сцепления в значительной степени зависит от площади пятна контакта, на которую влияет количество шипов, находящихся в месте прилегания шины к поверхности дороги. С уменьшением количества шипов данная площадь контакта возрастает.

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ

Лист

79

- t_1 – время реакции водителя автомобиля ВАЗ в сложившейся дорожно-транспортной ситуации. В первом и во втором случае принимаем $t_1 = 0,8$ с [33];
- t_2 – время запаздывания срабатывания тормозного привода автомобиля ВАЗ. В первом и втором случае примем $t_2 = 0,1$ с;
- t_3 – время нарастания замедления автомобиля ВАЗ. При использовании табличных значений примем $t_3 = 0,1$ с, при использовании значений, полученных в результате стендовых испытаний – $0,2$ с;
- видимость элементов дороги по ходу движения автомобиля ВАЗ – не ограничена.

При исследовании данного дорожно-транспортного происшествия установлено, что в момент возникновения опасности (момент выхода пешехода на проезжую часть) автомобиль располагался от места наезда до остановки на расстоянии 50 м (S_a).

Для определения технической возможности предотвращения наезда необходимо сравнить между собой S_a и S_o .

Величина остановочного пути транспортного средства (S_o) зависит от величины скорости транспортного средства в момент возникновения опасности для движения, наличия зафиксированных при осмотре места происшествия следов торможения данного транспортного средства или отсутствия фиксации данных следов, продолжительности времени реакции водителя транспортного средства в сложившейся дорожно-транспортной ситуации, времени запаздывания срабатывания тормозного привода и времени нарастания замедления транспортного средства, а также его замедления. Остановочный путь определяется по формуле:

$$S_o = (t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3) \cdot \frac{V_a}{3,6} + \frac{V_a^2}{26 \cdot j_a}. \quad (13)$$

Подставляя табличные значения в формулу (13), получаем:

$$S_o = (0,8 + 0,1 + 0,5 \cdot 0,1) \cdot \frac{50}{3,6} + \frac{50^2}{26 \cdot 2,0} = 61,3 \text{ м.}$$

Сравнивая между собой величину остановочного пути, находящегося в пределах 61 м, с дальностью расположения автомобиля от места наезда в момент возникновения опасности, равной 50 м, эксперт вправе сделать вывод об отсутствии у водителя технической возможности предотвратить наезд на пешехода.

Затем подставляем значения, полученные согласно данным стендовых испытаний, в формулу (13):

$$S_o = (0,8 + 0,1 + 0,5 \cdot 0,2) \cdot \frac{50}{3,6} + \frac{50^2}{26 \cdot 3,9} = 38,6 \text{ м.}$$

Сравнивая между собой величину остановочного пути, находящегося в пределах 39 м, с дальностью расположения автомобиля от места наезда в

На основании результатов экспертизы были получены диаметрально противоположные выводы при расчете наличия или отсутствия у водителя технической возможности предотвратить дорожно-транспортное происшествие с использованием коэффициентов сцепления для неошипованной шины и коэффициентов для ошипованной, установленных при стендовых испытаниях. Для получения более объективного вывода о виновности или невиновности водителя транспортного средства в совершенном дорожно-транспортном происшествии целесообразно использовать значения коэффициентов сцепления, полученных в результате проведенного эксперимента.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|------|
| | | | | | 23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 83 |

5 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

5.1 Определение доли сокращения тормозного пути транспортного средства, оснащенного ошипованными шинами

Для проведения расчета экономической эффективности эксплуатации шин, оснащенных шипами противоскольжения, определена доля сокращения тормозного пути транспортного средства при использовании ошипованных колес по сравнению с неошипованными и снижения вероятности летального исхода в результате наезда.

В 2016 году финская организация Test World протестировала 22 модели зимних шин – ошипованные, фрикционные скандинавского и европейского типов на различных покрытиях [35]. Результаты тестов при торможении на льду представлены на рисунке 5.1, где голубым цветом отмечены ошипованные шины, красным – неошипованные шины скандинавского типа, желтым – неошипованные шины европейского типа.

В результате проведенного тестирования было выявлено, что ошипованные шины на скользких покрытиях обеспечивают более эффективные сцепные свойства по сравнению с неошипованными шинами скандинавского и европейского типов.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|------|
| | | | | | 23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 84 |

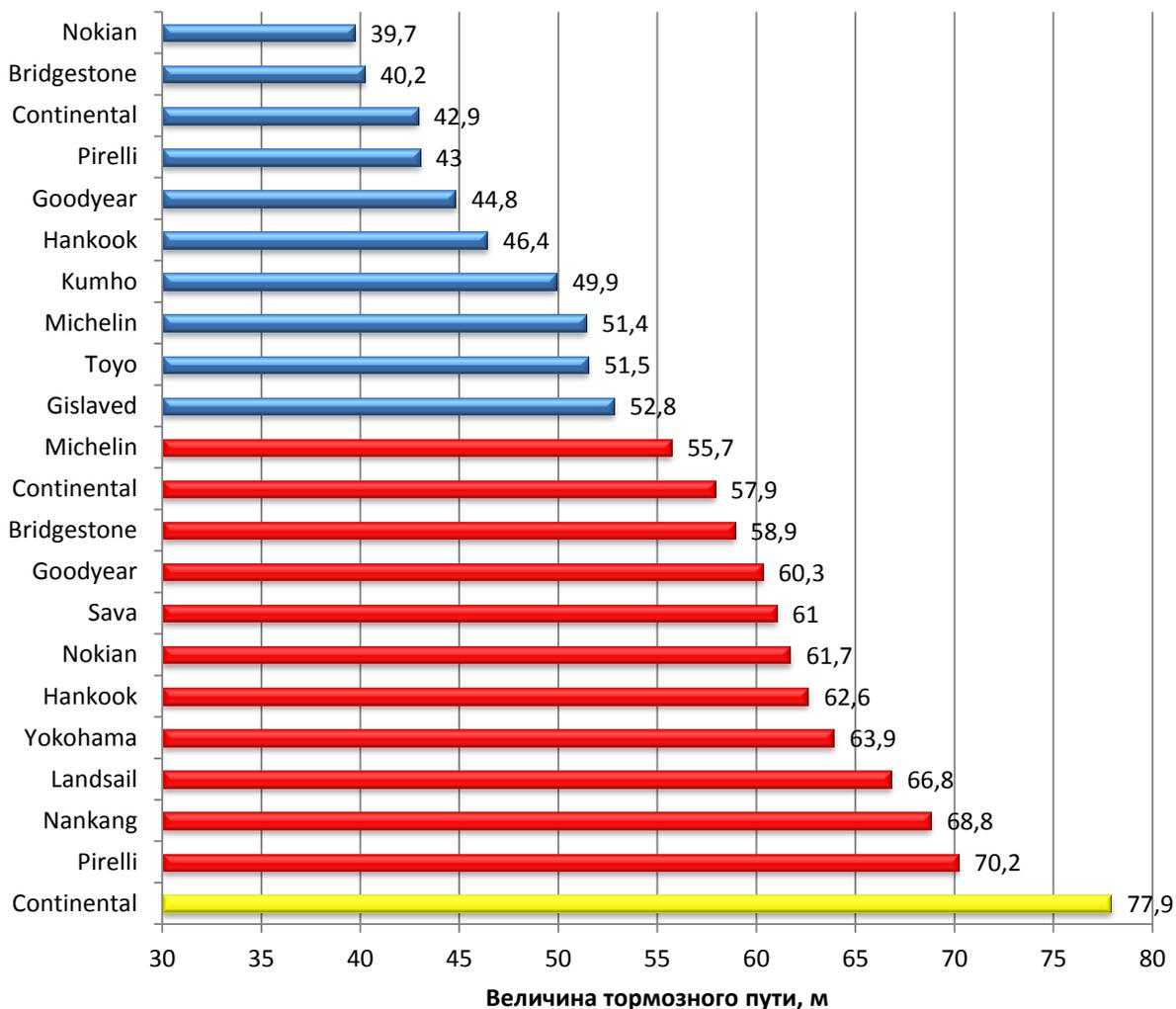


Рисунок 5.1 – Тестирование торможения на льду

Рассмотрим сокращение тормозного пути при использовании ошипованных и неошипованных шин на конкретном примере. Величина тормозного пути определяется по формуле:

$$S_T = (t_2 + 0,5 \cdot t_3) \cdot \frac{V_a}{3,6} + \frac{V_a^2}{26 \cdot j_a} \quad (14)$$

Тормозной путь неошипованной шины на льду при начальной скорости 70 км/ч определяется по формуле (14) и составляет:

$$S_T^{H/ш} = (0,1 + 0,5 \cdot 0,1) \frac{70}{3,6} + \frac{70^2}{26 \cdot 1,8} = 2,9 + 104,7 = 107,6 \approx 108 \text{ м.}$$

Тормозной путь ошипованной шины на льду при начальной скорости 70 км/ч определяется по формуле (14) и составляет:

$$S_T^{ш} = (0,1 + 0,5 \cdot 0,2) \frac{70}{3,6} + \frac{70^2}{26 \cdot 3,9} = 3,9 + 48,3 = 52,2 \approx 52 \text{ м.}$$

Скорость транспортного средства в момент наезда определяется по формуле:

$$V_a = \sqrt{26 \cdot S_T'' \cdot j_a}. \quad (15)$$

Выражая из формулы (15) расстояние, преодолеваемое транспортным средством, от места наезда до остановки в заторможенном состоянии (S_T''), получаем:

$$S_T'' = \frac{v_a^2}{26 \cdot j_a}. \quad (16)$$

Предположим, что скорость транспортного средства, использующего неошипованные колеса, в момент наезда равна 50 км/ч, тогда расстояние от места наезда до остановки в заторможенном состоянии (S_T'') определяется по формуле (16):

$$S_T'' = \frac{50^2}{26 \cdot 1,8} = 53,4 \approx 53 \text{ м.}$$

Следовательно, скорость 50 км/ч будет достигнута транспортным средством, использующим неошипованные шины, в 53 м от остановки.

Вычитая из тормозного пути транспортного средства с неошипованными шинами, равного 108 м, расстояние от места наезда до остановки, равное 53 м, получаем 55 м. Из этого можно сделать вывод, что при аналогичных условиях транспортное средство, оснащенное шипами противоскольжения, не достигает места наезда на пешехода, при условии применения водителем торможения в тот же момент времени, что и водитель, управляющий транспортным средством, на котором установлены неошипованные колеса.

Таким образом, при одних и тех же условиях и моменте начала торможения, ошипованные шины обеспечивают более высокие сцепные характеристики по сравнению с неошипованными зимними шинами, сокращают тормозной путь и позволяют предотвратить большинство дорожно-транспортных происшествий или уменьшить степень тяжести причиняемых телесных повреждений, с учетом того, что скорость транспортного средства в момент наезда будет ниже.

Схема исследуемого дорожно-транспортного происшествия представлена на рисунке 5.2.

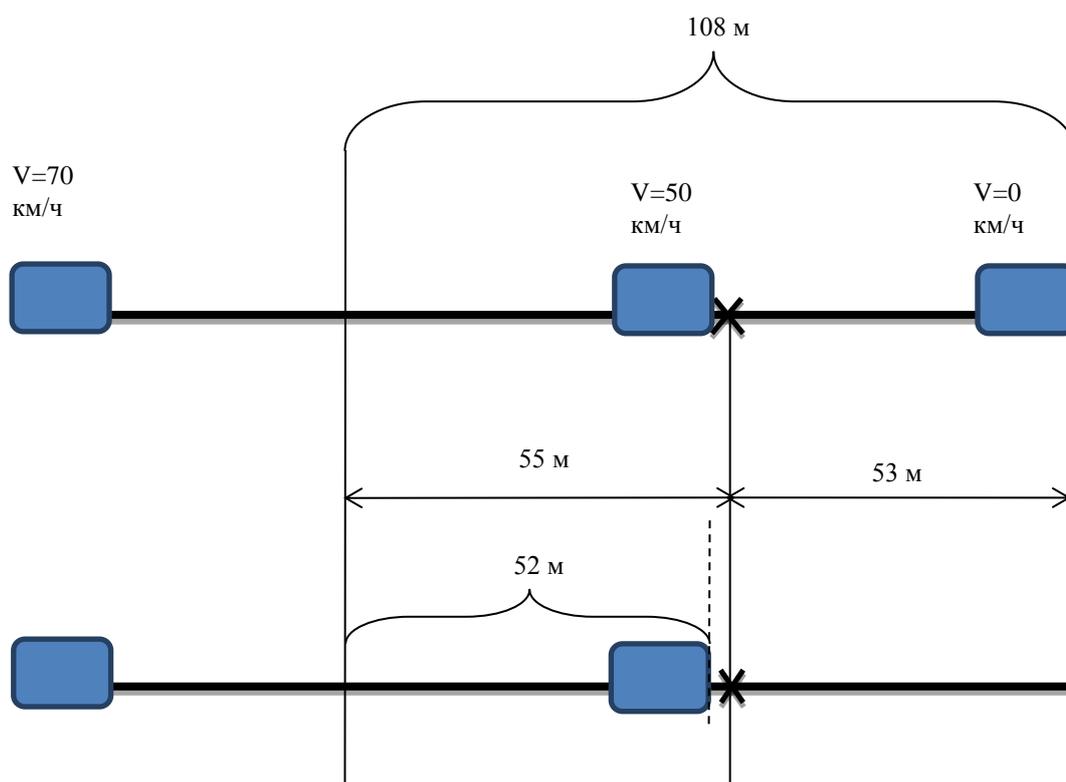


Рисунок 5.2 – Схема дорожно-транспортного происшествия

5.2 Виды социально-экономического ущерба

Растущий уровень аварийности на автомобильных дорогах является одной из основных социально-экономических проблем России. Экономические потери от ДТП за год достигают 2-3% ежегодного валового внутреннего продукта. Одним из главных составляющих социально-экономического ущерба в результате дорожно-транспортных происшествий является отрицательное демографическое последствие для Российской Федерации, которое отражено в следующих показателях:

- сокращение населения страны и уровня здоровья ее жителей;
- продолжительность жизни человека и трудоспособного периода;
- искажение возрастной пирамиды населения;
- снижение среднего возраста раненых в ДТП;
- ожидаемая продолжительность здоровой жизни человека [36].

В Российской Федерации в 2000 году Министерством Транспорта была утверждена «Методика оценки и расчета нормативов социально-экономического ущерба от дорожно-транспортных происшествий».

Согласно данному документу величина социально-экономического ущерба в результате дорожно-транспортного происшествия включает в себя несколько составляющих:

- ущерб в результате гибели и ранения людей;
- ущерб в результате повреждения транспортных средств;

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
| | | | | |

23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ

Лист

87

- ущерб в результате порчи груза;
- ущерб в результате повреждения дороги.

Ущерб в результате гибели и ранения людей составляет самую значительную часть ущерба от ДТП и включает в себя следующие социально-экономические параметры:

- экономические потери из-за выбытия человека из сферы производства;
- социально-экономические потери государства при выплате пенсий по инвалидности и по случаю потери кормильца, а также при оплате лечения в больницах и временной нетрудоспособности;
- социально-экономические потери из-за гибели детей.

Величина ущерба от ДТП оценивается на основе расчета прямых и косвенных народно-хозяйственных потерь.

К прямым относятся потери владельцев подвижного состава автомобильного транспорта, службы по эксплуатации дорог и ликвидации последствий ДТП и грузоотправителей, затраты ГИБДД и юридических органов на расследование дорожно-транспортных происшествий, медицинских учреждений на лечение потерпевших, предприятий, сотрудники которых стали жертвами аварий, затраты государственных органов социального обеспечения (пенсии) и страховые выплаты.

К косвенным относятся потери народного хозяйства вследствие временного или полного выбытия человека из сферы материального производства, нарушения производственных связей и моральные потери.

Полная оценка ущерба от гибели и ранения людей состоит из прямых и косвенных потерь.

Для оценки потерь из-за выбытия человека из сферы материального производства используется метод общих доходов. Основой этого метода является выражение в денежной форме экономической пользы, которую общество получит благодаря тому, что предотвратит гибель человека в ДТП. При таком подходе собственное потребление человека рассматривается как составная часть государственной прибыли, полученной от производственной и социально-экономической деятельности отдельных граждан [37].

5.3 Расчет величины ущерба от ДТП в результате гибели или ранения людей

Общий ущерб (P_o) от дорожно-транспортных происшествий с пострадавшими определяется по формуле:

$$P_o = P_c + P_6 + P_{инр} + P_{ир} + P_p + P_d, \quad (17)$$

где P_c – потери, связанные с гибелью людей, имевших семью;

P_6 – потери, связанные с гибелью людей без семьи;

$P_{инр}$ – потери, связанные с получением пострадавшими инвалидности, лишившей полностью их трудоспособности;

$P_{ир}$ – потери, связанные с получением пострадавшими инвалидности, частично лишившей их трудоспособности;

P_p – потери, связанные с временной нетрудоспособностью;

P_d – потери, связанные с гибелью детей.

Потери, связанные с гибелью людей, имевших семью (P_c), определяются по формуле:

$$P_c = H_1 \cdot K_c, \quad (18)$$

где H_1 – стоимостная оценка ущерба от гибели человека, имевшего семью;

K_c – количество погибших, имевших семью.

Потери, связанные с гибелью людей без семьи ($P_б$), вычисляются по формуле:

$$P_б = H_2 \cdot K_б, \quad (19)$$

где H_2 – стоимостная оценка ущерба от гибели человека, не имевшего семью;

$K_б$ – количество погибших без семьи.

Потери, связанные с получением инвалидности, в результате которой пострадавшие не работают ($P_{инр}$), устанавливаются по формуле:

$$P_{инр} = H_3 \cdot K_{инр}, \quad (20)$$

где H_3 – стоимостная оценка ущерба от ранения с получением инвалидности без возможности дальнейшей работы;

$K_{инр}$ – количество инвалидов, которые получают пенсию.

Потери, связанные с получением инвалидности, в результате которой пострадавшие работают ($P_{ир}$), определяются по формуле:

$$P_{ир} = H_4 \cdot K_{ир}, \quad (21)$$

где H_4 – стоимостная оценка ущерба от ранения с получением инвалидности и возможностью дальнейшей работы;

$K_{ир}$ – количество инвалидов, которые получают пенсию и одновременно работают.

Потери от ранения людей, получивших временную нетрудоспособность (P_p), определяются по формуле:

$$P_p = H_5 \cdot K_p, \quad (22)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|------|
| | | | | | 23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 89 |

где H_5 – стоимостная оценка ущерба от ранения без получения инвалидности;

K_p – количество пострадавших, получивших временную нетрудоспособность.

Потери от гибели детей (P_d) определяются по формуле:

$$P_d = H_6 \cdot K_d, \quad (23)$$

где H_6 – стоимостная оценка ущерба от гибели ребенка;

K_p – число погибших детей.

Для проведения расчета стоимостных оценок ущерба от ДТП в результате гибели или ранения человека, используется упрощенный метод для получения нормативов, представленный в «Методике оценки и расчета нормативов социально-экономического ущерба от дорожно-транспортных происшествий Р-03112199-0502-00». В качестве исходной информации для расчетов выступают норматив ущерба за предыдущий год, величина валового внутреннего продукта (ВВП) и численность населения, занятого в экономике.

Коэффициент K определяется как отношение ВВП последнего года к ВВП предыдущего:

$$K = \frac{ВВП_{\text{послед}}}{ВВП_{\text{пред}}}. \quad (24)$$

Подставляя величины ВВП за 2018 и 2017 годы в формулу (24), получаем:

$$K = \frac{103875,8}{92101,3} = 1,13.$$

Коэффициент K_1 определяется как отношение количества населения, занятого в экономике, последнего года, к количеству занятого населения предыдущего года:

$$K_1 = \frac{Q_{2018}}{Q_{2017}}. \quad (25)$$

Подставляя численность населения, занятого в экономике в 2018 и 2017 годы, в формулу (25), получаем:

$$K_1 = \frac{72600}{72142} = 1,01.$$

Для окончательных расчётов определяем коэффициент K_2 , который вычисляется по формуле:

$$K_2 = \frac{K}{K_1}. \quad (26)$$

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 90 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ | | | | |

Подставляя известные значения в формулу (26), получаем:

$$K_2 = \frac{1,13}{1,01} = 1,12.$$

Умножая нормативы величин ущерба за 2017 год на коэффициент K_2 , получаем необходимые значения в текущих ценах 2018 года. В таблице 5.1 представлены полученные нормативы величины ущерба от ДТП в результате гибели или ранения человека за 2018 год.

Таблица 5.1 – Нормативы величины ущерба от ДТП за 2018 год

| Наименование показателя | Стоимостная оценка ущерба, тыс. руб. |
|--|--------------------------------------|
| Гибель человека, имевшего семью, H_1 | 14496,2 |
| Гибель человека, не имевшего семьи, H_2 | 11633,8 |
| Ранение с получением инвалидности без возможности дальнейшей работы, H_3 | 9116,7 |
| Ранение с получением инвалидности и возможностью частичной работы, H_4 | 6961,4 |
| Ранение без получения инвалидности, H_5 | 383,7 |

В городе Челябинске за период с декабря 2018 года по февраль 2019 года произошло 170 дорожно-транспортных происшествий, связанных с наездом на пешехода, в результате которых погибло 6 человек, ранено 171 человек [6].

Наезд на пешехода может произойти на всем протяжении тормозного пути транспортного средства, вне зависимости от наличия шипов. На основании полученных результатов расчета, тормозной путь автомобиля сокращается на 50% при условии эксплуатации шин, оснащенных шипами противоскольжения. Следовательно, можно предположить, что наезды на пешеходов, расположенные за пределами тормозного пути транспортных средств, шины которых оснащены шипами противоскольжения, будут исключены, и, соответственно, число погибших и раненых, в аналогичный зимний период, снизится пропорционально. При производстве расчета ущерба за период с декабря 2018 года по февраль 2019 года, связанного с гибелью и ранением людей, ставших участниками ДТП, принимаем условие, что все погибшие имели семью, а получившие ранения, стали временно нетрудоспособными.

Ущерб, связанный с гибелью людей, имевших семью (P_c), определяется по формуле (18) и составляет:

$$P_c = 14496,2 \cdot 6 = 86977,2 \text{ тыс. руб.}$$

Ущерб, связанный с временной нетрудоспособностью пострадавших (P_p), определяется по формуле (22) и равен:

$$P_p = 383,7 \cdot 171 = 65612,7 \text{ тыс. руб.}$$

Тогда общий ущерб (P_o) от дорожно-транспортных происшествий с пострадавшими определяется по формуле (17):

$$P_o = P_c + P_p = 86977,2 + 65612,7 = 152589,9 \text{ тыс. руб.}$$

Соответственно, при снижении количества погибших и раненых на 50% в результате использования ошипованных шин, получаем:

$$P_o = P_c + P_p = 14496,2 \cdot 3 + 383,7 \cdot 86 = 76486,8 \text{ тыс. руб.}$$

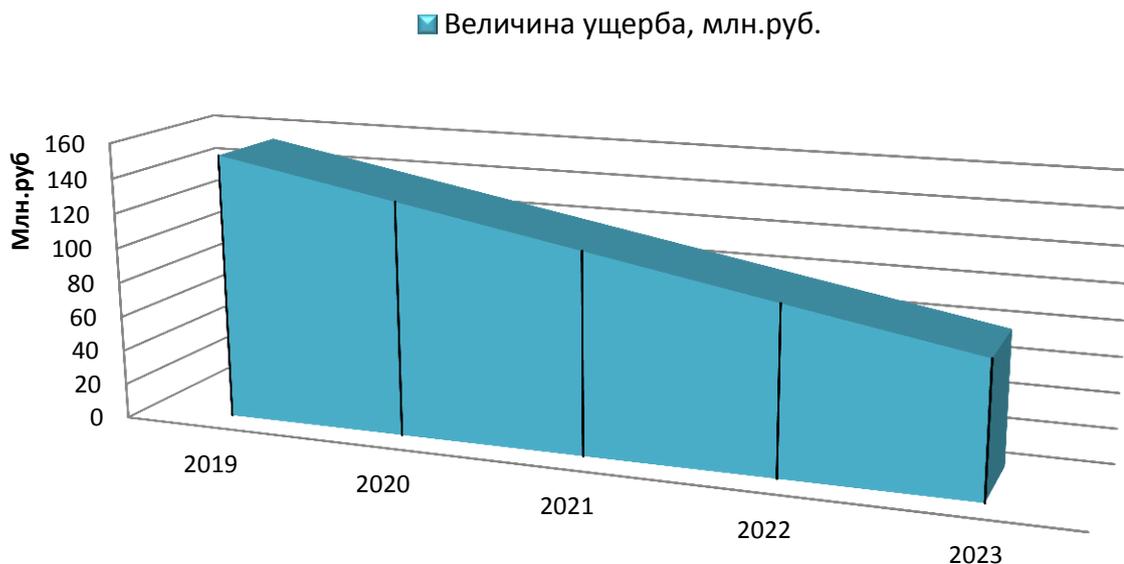
На сегодняшний день в Российской Федерации в зимние месяцы разрешается использовать зимние шины, как ошипованные, так и неошипованные. На основании проведенного расчета, можно сделать вывод о том, что эксплуатация шин, оснащенных шипами противоскольжения, в зимний период позволяет существенно сократить социально-экономический ущерб, возникающий при ДТП. Ввиду этого, на наш взгляд, целесообразно обязать на законодательном уровне водителей транспортных средств использовать зимой ошипованные шины в регионах, где наиболее вероятно наличие гололеда, в том числе Челябинской области.

Для того чтобы процесс перехода на ошипованные шины в зимний период был менее радикальным и происходил более плавно, водителям транспортных средств предлагается приобрести и установить данный вид шин в течение пяти лет. Таким образом, владельцы смогут постепенно оснастить свои автомобили ошипованными шинами, и к 2023 году прогнозируется поэтапное снижение ущерба от гибели и ранения людей в результате ДТП в зимний период на 50% (рис. 5.3).

Однако на сцепные характеристики большое значение оказывает количество шипов в пятне контакта колеса и дороги. Помимо предложенного выше требования, следует ограничить ресурс эксплуатации ошипованной шины. Необходимо введение нового регламента прохождения ежегодного ТО, где будет производиться проверка износа шины, количества шипов в пятне контакта, высоты выступа износостойкого элемента шипа за пределы протектора покрышки. Прогнозируемое сокращение социально-экономического ущерба, возможно лишь при обеспечении процента ошиповки в площади прилегания шины не менее 75%. Если процент ошиповки ниже указанной границы, водителям необходимо произвести замену шины.

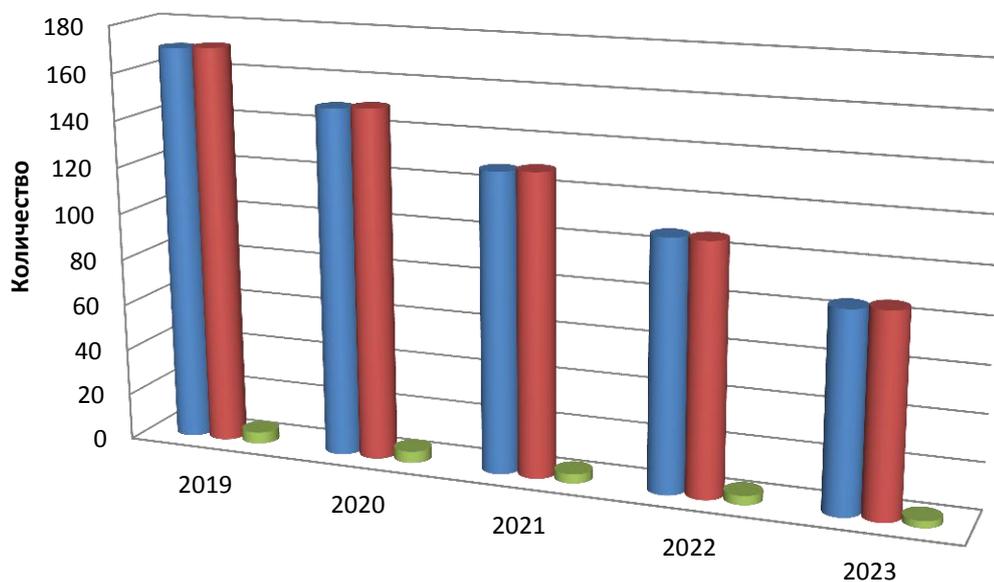
Прогнозируемая динамика сокращения количества ДТП и, соответственно, числа погибших и раненых человек за зимние месяцы с 2019 по 2023 годы представлена на рисунке 5.4.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 92 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ | | | | | |



| | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|---------------------------|----------|----------|----------|---------|---------|
| Величина ущерба, млн.руб. | 152589,9 | 133516,2 | 114442,4 | 95368,7 | 76486,8 |

Рисунок 5.3 – Снижение социально-экономического ущерба за период с 2019 по 2023 годы



| | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|------------------|------|------|------|------|------|
| ■ Количество ДТП | 170 | 149 | 128 | 107 | 85 |
| ■ Ранено, чел. | 171 | 150 | 129 | 107 | 86 |
| ■ Погибло, чел. | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 |

Рисунок 5.4 – Сокращение количества ДТП, погибших и раненых человек с 2019 по 2023 годы

Выводы по разделу пять

В данном разделе была проведена оценка экономической эффективности эксплуатации шин, оснащенных шипами противоскольжения, а также определена доля сокращения тормозного пути транспортного средства при использовании ошипованных колес по сравнению с неошипованными и снижения вероятности летального исхода в результате наезда.

Рассчитан социально-экономический ущерб от гибели и ранения людей в результате ДТП за зимний период с декабря 2018 года по февраль 2019 года. Эксплуатация ошипованных шин в зимний период позволяет сократить потери на 50%. Предлагается на законодательном уровне обязать водителей транспортных средств использовать в зимние месяцы только ошипованные шины в регионах, где наиболее вероятно наличие гололеда, в том числе Челябинской области. Для постепенного перехода рекомендуется выполнить указанное выше требование в течение пяти лет. Для ограничения ресурса эксплуатации ошипованной шины, необходимо ввести новый регламент прохождения ежегодного ТО. На нем будет производиться проверка количества шипов в пятне контакта, износа шины, высоты выступа износостойкого элемента шипа за пределы протектора покрышки.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|------|
| | | | | | 23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 94 |

6 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

6.1 Способы борьбы с зимней скользкостью

Обеспечение безопасности дорожного движения является одной из основных проблем эксплуатации транспортных средств, преимущественно в зимнее время года. Как уже говорилось ранее, к наиболее опасным природным явлениям, значительно сказывающимся на снижении сцепных свойств поверхности покрытия, относится зимняя скользкость. Каждый вид скользкости характеризуется своими определенными признаками.

Определяют следующие пути для борьбы с зимней скользкостью и повышения коэффициента сцепления:

- применение противогололедных материалов (ПГМ) службами, обслуживающими дороги;
- использование ошипованных шин водителями транспортных средств.

Цель зимнего содержания дорог заключается в снижении количества дорожно-транспортных происшествий за счет удаления снежных, ледяных образований с дорожного покрытия и обеспечении повышения сцепных характеристик шин транспортного средства с поверхностью.

В соответствии с «Руководством по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах» к противогололедным материалам относятся:

- химические (твердые сыпучие, жидкие);
- фрикционные;
- комбинированные (смесь фрикционных и химических материалов).

На рисунке 6.1 представлена классификация ПГМ, где ППС – пескосоляная смесь, ПГС – песчано-гравийная смесь.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 95 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ | | | | | |



Рисунок 6.1 – Классификация ПГМ

При зимнем содержании автомобильных дорог применяют химический, комбинированный, фрикционный и физико-химический способы борьбы с зимней скользкостью.

Химический способ основан на использовании химических материалов, обладающих способностью при контакте со снежно-ледяными отложениями переводить их в раствор, не замерзающий при отрицательных температурах. Применяют химический способ в различных регионах на дорогах I–II категорий, а также с учетом народнохозяйственного и социального значения дороги.

Комбинированный способ (химико-фрикционный) предусматривает совместное применение химических и фрикционных ПГМ. Комбинированный способ применяют при необходимости ликвидации снежно-ледяных отложений и повышения коэффициента сцепления на них.

Фрикционный способ применяют на дорогах (участках) III–IV–V категорий, а также на дорогах, расположенных в регионах с продолжительными и устойчивыми низкими температурами (ниже $-20 - 25^{\circ}\text{C}$), или где использование отдельных химических ПГМ запрещено.

Физико-химический способ заключается в придании противогололедных свойств асфальтобетонному покрытию путем введения в асфальтобетонную смесь антигололедного наполнителя, который на поверхности покрытия создает гидрофобный слой, снижающий адгезию снежно-ледяных отложений к покрытию или предотвращающий их образование. Применяют этот способ на участках дорог, подверженных частому гололедообразованию (участках в горной местности, у водоемов, ТЭЦ, на мостах, путепроводах, эстакадах и др.) [32].

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
|------|------|----------|---------|------|

6.2 Требования, предъявляемые к шипам

Помимо вышеперечисленных мер, одним из эффективных способов обеспечения нормативного коэффициента сцепления колеса с дорожным покрытием является использование водителями транспортных средств ошипованных шин. Благодаря этому повышается устойчивость и управляемость автомобиля на участках со снежно-ледяными образованиями, уменьшается тормозной путь и время разгона.

На сегодняшний день в Российской Федерации все большее число водителей применяют ошипованные шины, что в совокупности с общим повышением количества автопарка увеличивает масштабы использования шипов противоскольжения.

В настоящее время разработан целый ряд документов, регламентирующих технические требования, предъявляемые к шипам.

В соответствии с «ГОСТ Р 52747-2007 Автомобильные транспортные средства. Шипы противоскольжения. Общие технические условия» шипы предназначены для ошиповки зимних пневматических шин по ГОСТ 4754 и ГОСТ 5513, подлежащих ошиповке и эксплуатирующихся преимущественно на обледенелых и покрытых снегом дорогах различных категорий во всех климатических зонах при температуре окружающей среды от минус 45 °С до плюс 10 °С. Корпус шипа должен быть устойчив к истиранию и иметь надёжную защиту против коррозии. На нем не допускается наличие деформаций, трещин, сколов, механических повреждений. На покрытии шипов не должно быть отслоений и шелушений.

Максимальное статическое усилие вдавливания шипа для легковых шин не должно превышать 120 Н, для грузовых – 340 Н.

В самой шине не допускаются трещины, надрезы и оплавления наружной поверхности протектора в месте установки шипа, перевернутые шипы, наличие сколов износостойкого элемента шипа. Размеры шипов должны соответствовать рекомендациям изготовителя шин [38].

Эксплуатация шипов должна соответствовать правилам эксплуатации ошипованных шин, утвержденным изготовителем шин в установленном порядке. Изготовитель гарантирует исправную работу шипов противоскольжения в течении одного года с момента их установки в шину или продажи ошипованной шины в течение гарантийного периода шины.

Сила удержания износостойкого элемента в корпусе шипа определяется в соответствии с методом, утвержденным ГОСТ Р 33672-2015. Он основан на выдавливании износостойкого элемента из корпуса шипа. В качестве используемого оборудования используется пресс любого типа, обеспечивающий усилие, не менее чем удвоенное усилие удержания износостойкого элемента в корпусе шипа, и подставка. Сила удержания износостойкого элемента в корпусе шипа должна быть не менее 1000 Н [23].

Испытание проводят в следующем порядке. Шипы, отобранные для испытаний, разрезают в соответствии с рисунком 6.2.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 97 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ | | | | | |

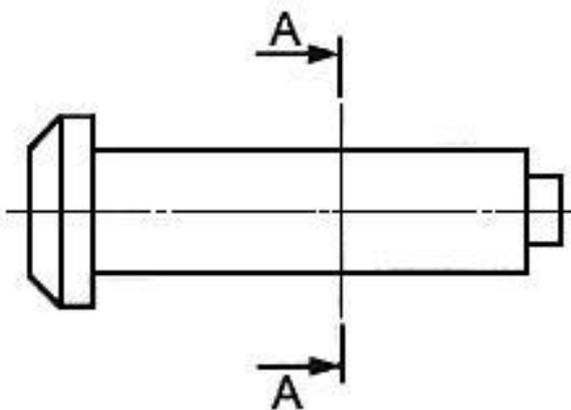


Рисунок 6.2 – Линия разреза

В плоскости разреза А-А появляется отверстие под элемент шипа согласно рисунку 6.3.

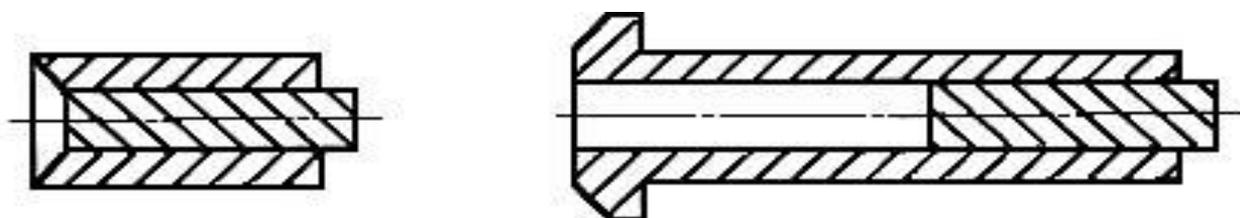


Рисунок 6.3 – Заготовка для проверки силы удержания износостойкого элемента в корпусе шипа

Допускается проводить подготовку шипов методом сверления отверстия в корпусе шипа. Отобранные образцы подготавливают согласно рисунку 6.3.

Образец устанавливают на подставку, закрепленную на прессе, и выдавливают износостойкий элемент из корпуса согласно рисунку 6.4, где 1 – корпус шипа, 2 – износостойкий элемент, 3 – подставка, 4 – направление выдавливания.

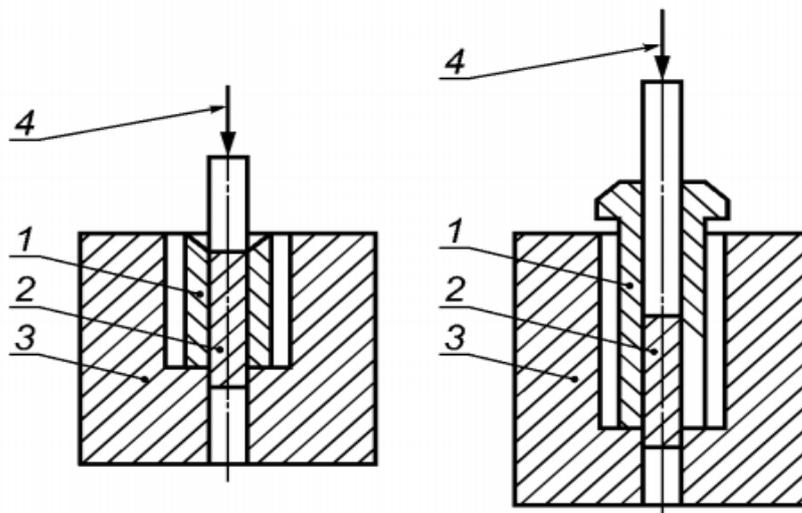


Рисунок 6.4 – Определение силы удержания износостойкого элемента в корпусе шипа

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ

Лист

98

Сила удержания шипа противоскольжения, установленного в протекторе покрышки шины, а также измерение выступа износостойкого элемента шипа за пределы протектора покрышки определяется в соответствии с методом, утвержденным ГОСТ Р 33672-2015.

В соответствии с Техническим регламентом Таможенного союза 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств» шины, оснащенные шипами противоскольжения, в случае их применения должны быть установлены на все колеса транспортного средства, в том числе и запасное. Эксплуатация транспортных средств, на которых установлены ошипованные шины, запрещена в летний период (июнь, июль, август).

Эксплуатация транспортных средств категорий M₁ и N₁, не оснащенных зимними шинами, запрещена в зимний период (декабрь, январь, февраль). Зимние шины должны быть установлены на всех колесах транспортных средств, указанных выше.

Шина должна быть приспособлена для установки шипов противоскольжения, и изготовитель должен рекомендовать шипы, предназначенные для установки на данный тип шины по длине шипа и диаметру верхнего (опорного) фланца.

На погонный метр протектора должно приходиться не более 60 штук шипов. Для легковых шин масса шипа не должна превышать 1,6 г, для легких грузовых шин – 2,8 г, для грузовых шин – 3,5 г. Данные требования предъявляются к шинам, которые изготовлены после 1 января 2016 года. Однако эксплуатация шин с большим числом шипов и иной массы допускается, если проведенные независимой аккредитованной испытательной лабораторией испытания подтвердят, что данные шины не способствуют большему износу дорожного покрытия, чем шины, соответствующие требованию по количеству и массе шипов, и при этом не снижаются сцепные свойства [39].

Выводы по разделу шесть

В данном разделе были рассмотрены основные методы борьбы с зимней скользкости. Определены требования, предъявляемые к шинам, оснащенным шипами противоскольжения. Обеспечение безопасности жизнедеятельности на автомобильном транспорте в значительной степени влияет на сферы жизнедеятельности человека. Именно от этого фактора зависит качественное функционирование транспортной инфраструктуру, что в свою очередь влияет на другие отрасли.

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 99 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ | | | | |

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью данной выпускной квалификационной работы являлось определение коэффициента сцепления шины, оснащенной шипами противоскольжения, в зависимости от их количества в пятне контакта при проведении стендовых испытаний, а также анализ влияния конструкции шипов на сцепные характеристики.

В работе был рассмотрен процесс изменения конструкции шипов и их основных элементов. Представлена классификация в зависимости от сечения сердечника шипа. Наиболее распространенным является шип с круглым сечением, используемый на большинстве бюджетных зимних моделях шин.

В результате изучения процесса взаимодействия ошипованной шины на различных покрытиях путем проведения стендовых испытаний, можно сделать вывод о том, что изменение количества шипов в пятне контакта при различных состояниях покрытий не в одинаковой степени влияет на коэффициент сцепления. С уменьшением количества шипов в пятне контакта данный показатель возрастает на мокром асфальте, льду, в верхнем слое которого содержится песок, снежном накате с примесью песка, сухом мерзлом асфальте, мерзлом асфальте с признаками влаги (росы). Однако коэффициент сцепления снижается при сокращении количества шипов на сухом асфальте, чистом льду, льду с примесью песка, рыхлом снегу, снежном накате.

Наиболее вероятно, что данный показатель в значительной степени зависит от площади пятна контакта, на которую влияет количество шипов, находящихся в месте прилегания шины к поверхности покрытия. С уменьшением числа шипов, данная площадь контакта возрастает.

Полученные величины коэффициентов сцепления имеют огромное значение при производстве автотехнической экспертизы.

Согласно произведенному расчету, для получения более объективного вывода о виновности или невиновности водителя целесообразно использовать значения коэффициентов сцепления, полученные при проведении эксперимента.

На основании расчетов выявлено, что при одних и тех же условиях и моменте начала торможения, ошипованные шины обеспечивают более высокие сцепные характеристики по сравнению с неошипованными зимними шинами, сокращают тормозной путь и позволяют предотвратить большинство дорожно-транспортных происшествий или уменьшить степень тяжести причиняемых телесных повреждений, с учетом того, что скорость транспортного средства в момент наезда будет ниже. При расчетах установлено, что применение ошипованных шин в зимний период позволяет сократить социально-экономический ущерб от гибели людей в результате ДТП на 50%.

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 100 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ | | | | |

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Уровень автомобилизации по странам мира. – <http://www.vokrugsveta.ru/article/275293/>.
- 2 Sperling, D., Claussen, E. The Developing World's Motorization Challenge / D. Sperling, E. Clausen // Issues in Science and Technology. – 2002. – V.19, №1. – P. 59–66.
- 3 Рейтинг стран по уровню автомобилизации. – <https://nonews.co/directory/lists/countries/vehicles-capital>.
- 4 Распоряжение Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 года N 1734-р об утверждении Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года.
- 5 АВТОСТАТ. Аналитическое агентство. – <https://www.autostat.ru>.
- 6 Госавтоинспекция: сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения. – <http://www.gibdd.ru/stat/>.
- 7 Постановление Правительства Челябинской Области от 28 ноября 2014 года N 654-П О государственной программе Челябинской области "Развитие дорожного хозяйства в Челябинской области на 2015 - 2022 годы".
- 8 Murray, C.J.L. The Global Burden of Disease 2000 projects: aims, methods, and data sources / C.J.L. Murray // GPE Discussion Paper. – 2001. – №36.
- 9 World Health Organization. – <https://www.who.int/ru>.
- 10 Статистика автокатастроф за 2018 год в России. – <https://autoexpert.today>.
- 11 Studded tyres. – <https://www.oponeo.co.uk/tyre-article/studded-tyres>.
- 12 Зимние шины. – <http://www.winter-tires.ru/articles/17>.
- 13 Furberg, A., Arvidsson, R., Molander, S. Dissipation of tungsten and environmental release of nanoparticles from tire studs: A Swedish case study / A. Furberg, R. Arvidsson, S. Molander // Journal of Cleaner Production. – 2019. – V. 207. – P. 920–928.
- 14 Шипы для автомобильных покрышек. – https://amastercar.ru/articles/wheel_tire_4.shtml.
- 15 Creswell, J.S. Studded tires and highway safety: feasibility of determining indirect benefits / J.S. Creswell, D.F. Dunlap, J.A. Green // Transportation Research Board, National Research Council. – 1977.
- 16 Правила использования зимних и шипованных шин в Европе. <https://autotraveler.ru/spravka/winter-tires-in-europe.html#>.
- 17 Мировой опыт: как борются с наледью и сугробами в самых снежных странах мира. – <https://strelkamag.com/ru/article/snow>.
- 18 Scheibe, Robert R. An overview of studded and studless tire traction and safety / Robert R. Scheibe // Washington State Transportation Centre. – 2002.
- 19 Hjort, M., Eriksson, O. Test of ice and snow grip for worn and new winter tyres. A comparison of different types of winter tyres / M.Hjort, O. Eriksson // Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI), 2015. – 149 p.

20 Junghard, O. Estimating the traffic safety of studded tires / O. Junghard // Accident Analysis & Prevention. – 1992. – V. 24. – P. 357–361.

21 Деловая газета «Взгляд». – <https://vz.ru/society/2012/12/4/610240.html>.

22 ГОСТ 33672-2015 Автомобильные транспортные средства. Шипы противоскольжения. Технические требования и методы испытаний.

23 Winter Regulations. – <https://www.continental-tires.com/transport>.

24 Зимние шины. – <https://tyreplus.ru/blog/zimnie-shiny/skolko-shipov-dolzno-byt-na-zimnej-shine>.

25 Шины с шипами противоскольжения. – <http://abcibc.com/auto.php?art=60>.

26 Разновидности шипов. – <https://kolesadom.ru/kakimi-shipami-luchshe-shipovat-kolesa/>.

27 Как делают зимние шины. – <http://5koleso.ru/articles/shiny/kak-delayut-zimnie-shiny>.

28 Мельников, И.В. Грузовые автомобили. Шины / И.В. Мельников. – 2013. – 21 с.

29 Как сохранить шипы в зимних шинах. – <https://www.zr.ru/content/articles/909083-beregi-shipy-smolodu/>.

30 Ремонт и замена шипов на зимней резине. – <https://ka4nikoleso.info/poleznie-statii/remont-zamena-shipov-na-zimnej-rezine/>.

31 ОДМ «Руководство по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах».

32 Применение в экспертной практике параметров торможения автотранспортных средств. ВНИИСЭ: Методические рекомендации для экспертов.- М., 1995. – 9 с.

33 Применение дифференцированных значений времени реакции водителя в экспертной практике. ВНИИСЭ: Методические рекомендации. – М., 1987. – 11 с.

34 Постановление Правительства РФ от 23.10.1993 № 1090 (ред. От 04.12.2018). Правила дорожного движения (вместе с Основными положениями по допуску транспортных средств к эксплуатации и обязанности должностных лиц по обеспечению безопасности дорожного движения). – М.: ИДТР, 2019. – 47 с.

35 Test World: Большой тест зимних шин размера 205/55 R16 (2016). – <http://colesa.ru/news/52152>.

36 Мелоян, В.Г. Оценка ущерба от дорожно-транспортных происшествий в контексте экономической безопасности России / В.Г. Мелоян // Новые технологии. – 2010. – Вып. 4. – С.105-108.

37 Р–03112199–0502–00 Методика оценки и расчета нормативов социально-экономического ущерба от дорожно-транспортных происшествий.

38 ГОСТ Р 54916-2012 Шины пневматические ошипованные. Основные показатели качества.

39 Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 019/2011 «О безопасности колесных транспортных средств».

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 102 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 23.03.01.2019.240.00.00 ПЗ | | | | | |

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Расчет для покрытия «мокрый асфальт»

Таблица А.1 – Величины расхождения результатов

| | 100% ошиповка | | 75% ошиповка | | 50% ошиповка | | 25% ошиповка | |
|----|---------------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|
| | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг |
| 1 | 4,8 | 1,8 | 8,2 | 0 | -13,6 | 0,2 | -3,2 | 0,8 |
| 2 | 4,8 | -0,2 | 2,2 | 0 | 14,4 | 2,2 | 12,8 | 2,8 |
| 3 | 2,8 | -0,2 | -3,8 | -2 | -15,6 | 0,2 | 2,8 | -1,2 |
| 4 | 2,8 | -2,2 | 6,2 | 0 | -7,6 | -1,8 | -1,2 | 0,8 |
| 5 | -17,2 | -0,2 | 0,2 | 0 | 2,4 | 0,2 | -7,2 | 0,8 |
| 6 | 0,8 | -0,2 | -7,8 | 2 | 16,4 | 0,2 | 4,8 | -1,2 |
| 7 | -5,2 | 1,8 | 6,2 | 0 | -9,6 | 0,2 | -7,2 | 0,8 |
| 8 | -1,2 | -0,2 | -1,8 | 0 | 10,4 | -1,8 | 0,8 | -1,2 |
| 9 | 2,8 | -0,2 | -5,8 | 0 | -5,6 | 0,2 | 8,8 | -3,2 |
| 10 | 4,8 | -0,2 | -3,8 | 0 | 8,4 | 0,2 | -11,2 | 0,8 |

Таблица А.2 – Значения при нагрузке в 400 кг

| $ \Delta C_{100\%} $ | $2 \sigma_{100\%}$ | $ \Delta C_{75\%} $ | $2 \sigma_{75\%}$ | $ \Delta C_{50\%} $ | $2 \sigma_{50\%}$ | $ \Delta C_{25\%} $ | $2 \sigma_{25\%}$ |
|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 4,8 | 4,6 | 8,2 | 4,6 | 13,6 | 6,5 | 3,2 | 5,2 |
| 4,8 | | 2,2 | | 14,4 | | 12,8 | |
| 2,8 | | 3,8 | | 15,6 | | 2,8 | |
| 2,8 | | 6,2 | | 7,6 | | 1,2 | |
| 17,2 | | 0,2 | | 2,4 | | 7,2 | |
| 0,8 | | 7,8 | | 16,4 | | 4,8 | |
| 5,2 | | 6,2 | | 9,6 | | 7,2 | |
| 1,2 | | 1,8 | | 10,4 | | 0,8 | |
| 2,8 | | 5,8 | | 5,6 | | 8,8 | |
| 4,8 | | 3,8 | | 8,4 | | 11,2 | |

Таблица А.3 – Значения при отсутствии нагрузки

| $ \Delta C_{100\%} $ | $2 \sigma_{100\%}$ | $ \Delta C_{75\%} $ | $2 \sigma_{75\%}$ | $ \Delta C_{50\%} $ | $2 \sigma_{50\%}$ | $ \Delta C_{25\%} $ | $2 \sigma_{25\%}$ |
|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 1,8 | 1,8 | 0 | 1,2 | 0,2 | 1,8 | 0,8 | 2,4 |
| 0,2 | | 0 | | 2,2 | | 2,8 | |
| 0,2 | | 2 | | 0,2 | | 1,2 | |
| 2,2 | | 0 | | 1,8 | | 0,8 | |
| 0,2 | | 0 | | 0,2 | | 0,8 | |
| 0,2 | | 2 | | 0,2 | | 1,2 | |
| 1,8 | | 0 | | 0,2 | | 0,8 | |
| 0,2 | | 0 | | 1,8 | | 1,2 | |
| 0,2 | | 0 | | 0,2 | | 3,2 | |
| 0,2 | | 0 | | 0,2 | | 0,8 | |

Продолжение приложения А

Таблица А.4 – Значения при нагрузке в 400 кг

| $ \Delta C_{100\%} $ | $2 \sigma_{100\%}$ | $ \Delta C_{75\%} $ | $2 \sigma_{75\%}$ | $ \Delta C_{50\%} $ | $2 \sigma_{50\%}$ | $ \Delta C_{25\%} $ | $2 \sigma_{25\%}$ |
|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 1 | 2,2 | - | 2,2 | - | 2,8 | - | 2,8 |
| 1 | | - | | - | | | |
| 1 | | 0,0 | | - | | 2 | |
| 1 | | - | | 0 | | 2 | |
| - | | - | | - | | - | |
| - | | - | | - | | - | |
| - | | - | | 2 | | - | |
| - | | 2,0 | | - | | 0 | |
| 1 | | 2,0 | | - | | - | |
| 1 | | 0,0 | | - | | - | |

Таблица А.5 – Значения при отсутствии нагрузки

| $ \Delta C_{100\%} $ | $2 \sigma_{100\%}$ | $ \Delta C_{75\%} $ | $2 \sigma_{75\%}$ | $ \Delta C_{50\%} $ | $2 \sigma_{50\%}$ | $ \Delta C_{25\%} $ | $2 \sigma_{25\%}$ |
|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 1,6 | 1,8 | 0,0 | 0 | 0,4 | 1,8 | 0,8 | 2,2 |
| 0,4 | | 0,0 | | - | | | |
| 0,4 | | - | | 0,4 | | 1,3 | |
| - | | 0,0 | | 1,6 | | 0,8 | |
| 0,4 | | 0,0 | | 0,4 | | 0,8 | |
| 0,4 | | - | | 0,4 | | 1,3 | |
| 1,6 | | 0,0 | | 0,4 | | 0,8 | |
| 0,4 | | 0,0 | | 1,6 | | 1,3 | |
| 0,4 | | 0,0 | | 0,4 | | - | |
| 0,4 | | 0,0 | | 0,4 | | 0,8 | |

Таблица А.6 – Значения при нагрузке в 400 кг

| $\epsilon_{100\%}, \%$ | $\epsilon_{75\%}, \%$ | $\epsilon_{50\%}, \%$ | $\epsilon_{25\%}, \%$ |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1,8 | 2,4 | 4,4 | 3,8 |

Таблица А.7 – Значения при отсутствии нагрузки

| $\epsilon_{100\%}, \%$ | $\epsilon_{75\%}, \%$ | $\epsilon_{50\%}, \%$ | $\epsilon_{25\%}, \%$ |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 10,1 | 0,0 | 8,6 | 9,5 |

Расчет для покрытия «чистый лед»

Таблица Б.1 – Величины расхождения результатов

| | 100% ошиповка | | 75% ошиповка | | 50% ошиповка | | 25% ошиповка | |
|----|---------------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|
| | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг |
| 1 | -8 | 4,2 | -3,2 | -4 | 7,2 | -3,6 | 10,8 | -5,4 |
| 2 | 12 | 2,2 | 2,8 | 0 | -4,8 | -1,6 | 4,8 | 0,6 |
| 3 | -4 | -5,8 | -3,2 | 2 | 1,2 | -3,6 | -7,2 | -1,4 |
| 4 | -4 | -3,8 | -1,2 | 4 | -0,8 | -3,6 | 0,8 | -1,4 |
| 5 | 0 | 6,2 | 0,8 | 0 | -2,8 | 0,4 | 0,8 | 2,6 |
| 6 | 4 | 2,2 | 4,8 | 0 | 3,2 | 4,4 | -3,2 | 4,6 |
| 7 | 2 | 4,2 | -3,2 | 2 | 1,2 | 4,4 | 2,8 | 6,6 |
| 8 | -6 | -5,8 | 2,8 | 2 | -6,8 | -5,6 | -5,2 | -3,4 |
| 9 | 8 | -1,8 | -1,2 | -2 | 5,2 | 2,4 | -1,2 | 0,6 |
| 10 | -4 | -1,8 | 0,8 | -4 | -2,8 | 6,4 | -3,2 | -3,4 |

Таблица Б.2 – Значения при нагрузке в 400 кг

| $ \Delta C_{100\%} $ | $2 \sigma_{100\%}$ | $ \Delta C_{75\%} $ | $2 \sigma_{75\%}$ | $ \Delta C_{50\%} $ | $2 \sigma_{50\%}$ | $ \Delta C_{25\%} $ | $2 \sigma_{25\%}$ |
|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 8 | 4,8 | 3,2 | 3,3 | 7,2 | 4 | 10,8 | 4,2 |
| 12 | | 2,8 | | 4,8 | | 4,8 | |
| 4 | | 3,2 | | 1,2 | | 7,2 | |
| 4 | | 1,2 | | 0,8 | | 0,8 | |
| 0 | | 0,8 | | 2,8 | | 0,8 | |
| 4 | | 4,8 | | 3,2 | | 3,2 | |
| 2 | | 3,2 | | 1,2 | | 2,8 | |
| 6 | | 2,8 | | 6,8 | | 5,2 | |
| 8 | | 1,2 | | 5,2 | | 1,2 | |
| 4 | | 0,8 | | 2,8 | | 3,2 | |

Таблица Б.3 – Значения при отсутствии нагрузки

| $ \Delta C_{100\%} $ | $2 \sigma_{100\%}$ | $ \Delta C_{75\%} $ | $2 \sigma_{75\%}$ | $ \Delta C_{50\%} $ | $2 \sigma_{50\%}$ | $ \Delta C_{25\%} $ | $2 \sigma_{25\%}$ |
|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 4,2 | 4,2 | 4 | 3 | 3,6 | 4 | 5,4 | 3,6 |
| 2,2 | | 0 | | 1,6 | | 0,6 | |
| 5,8 | | 2 | | 3,6 | | 1,4 | |
| 3,8 | | 4 | | 3,6 | | 1,4 | |
| 6,2 | | 0 | | 0,4 | | 2,6 | |
| 2,2 | | 0 | | 4,4 | | 4,6 | |
| 4,2 | | 2 | | 4,4 | | 6,6 | |
| 5,8 | | 2 | | 5,6 | | 3,4 | |
| 1,8 | | 2 | | 2,4 | | 0,6 | |
| 1,8 | | 4 | | 6,4 | | 3,4 | |

Таблица Б.4 – Значения при нагрузке в 400 кг

| $ \Delta C_{100\%} $ | $2 \sigma_{100\%}$ | $ \Delta C_{75\%} $ | $2 \sigma_{75\%}$ | $ \Delta C_{50\%} $ | $2 \sigma_{50\%}$ | $ \Delta C_{25\%} $ | $2 \sigma_{25\%}$ |
|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| - | 2,0 | 1,7 | 2,6 | - | 2,8 | - | 2,8 |
| - | | - | | - | | | |
| 0,5 | | 1,7 | | 2 | | - | |
| 0,5 | | 0,3 | | 0 | | 2 | |
| - | | 2,3 | | 2 | | 2 | |
| - | | - | | - | | 2 | |
| - | | 1,7 | | 2 | | - | |
| 1,5 | | - | | - | | - | |
| - | | 0,3 | | - | | 0 | |
| 0,5 | | 2,3 | | 2 | | 2 | |

Таблица Б.5 – Значения при отсутствии нагрузки

| $ \Delta C_{100\%} $ | $2 \sigma_{100\%}$ | $ \Delta C_{75\%} $ | $2 \sigma_{75\%}$ | $ \Delta C_{50\%} $ | $2 \sigma_{50\%}$ | $ \Delta C_{25\%} $ | $2 \sigma_{25\%}$ |
|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 1 | 2,2 | - | 2,2 | 0,0 | 2,0 | - | 2,6 |
| 1 | | 1 | | 2,0 | | 2 | |
| - | | 1 | | 0,0 | | 0 | |
| - | | - | | 0,0 | | 0 | |
| - | | 1 | | - | | - | |
| 1 | | 1 | | - | | - | |
| 1 | | 1 | | - | | - | |
| - | | 1 | | 2,0 | | 2 | |
| - | | - | | - | | 2 | |
| - | | - | | - | | 2 | |

Таблица Б.6 – Значения при нагрузке в 400 кг

| $\epsilon_{100\%}, \%$ | $\epsilon_{75\%}, \%$ | $\epsilon_{50\%}, \%$ | $\epsilon_{25\%}, \%$ |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1,9 | 2,1 | 2,6 | 2,9 |

Таблица Б.7 – Значения при отсутствии нагрузки

| $\epsilon_{100\%}, \%$ | $\epsilon_{75\%}, \%$ | $\epsilon_{50\%}, \%$ | $\epsilon_{25\%}, \%$ |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 12,1 | 12,2 | 12,7 | 14,2 |

Расчет для покрытия «лед, в верхнем слое которого содержится песок»

Таблица В.1 – Величины расхождения результатов

| | 100% ошиповка | | 75% ошиповка | | 50% ошиповка | | 25% ошиповка | |
|----|---------------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|
| | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг |
| 1 | 2,2 | -2 | -0,4 | 1,2 | -3,2 | -2,8 | -22,6 | -2 |
| 2 | -7,8 | 0 | -0,4 | 3,2 | 4,8 | -0,8 | -2,6 | 0 |
| 3 | 0,2 | 2 | -2,4 | 3,2 | -3,2 | 1,2 | 15,4 | 0 |
| 4 | 2,2 | 2 | 9,6 | -0,8 | 6,8 | 3,2 | 13,4 | 2 |
| 5 | -5,8 | -2 | -0,4 | 1,2 | -3,2 | 1,2 | 11,4 | 2 |
| 6 | 0,2 | -2 | -4,4 | -4,8 | 0,8 | 3,2 | -2,6 | 2 |
| 7 | -3,8 | 0 | -0,4 | -0,8 | -3,2 | -2,8 | -0,6 | 2 |
| 8 | 2,2 | 2 | -2,4 | 1,2 | 4,8 | -0,8 | 1,4 | 0 |
| 9 | 6,2 | -2 | 1,6 | -2,8 | -1,2 | -0,8 | -4,6 | -2 |
| 10 | 4,2 | 2 | -0,4 | -0,8 | -3,2 | -0,8 | -8,6 | -4 |

Таблица В.2 – Значения при нагрузке в 400 кг

| | $ \Delta C_{100\%} $ | $2 \sigma_{100\%}$ | $ \Delta C_{75\%} $ | $2 \sigma_{75\%}$ | $ \Delta C_{50\%} $ | $2 \sigma_{50\%}$ | $ \Delta C_{25\%} $ | $2 \sigma_{25\%}$ |
|----|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 1 | 2,2 | 4 | 0,4 | 3,2 | 3,2 | 4 | 22,6 | 6 |
| 2 | 7,8 | | 0,4 | | 4,8 | | 2,6 | |
| 3 | 0,2 | | 2,4 | | 3,2 | | 15,4 | |
| 4 | 2,2 | | 9,6 | | 6,8 | | 13,4 | |
| 5 | 5,8 | | 0,4 | | 3,2 | | 11,4 | |
| 6 | 0,2 | | 4,4 | | 0,8 | | 2,6 | |
| 7 | 3,8 | | 0,4 | | 3,2 | | 0,6 | |
| 8 | 2,2 | | 2,4 | | 4,8 | | 1,4 | |
| 9 | 6,2 | | 1,6 | | 1,2 | | 4,6 | |
| 10 | 4,2 | | 0,4 | | 3,2 | | 8,6 | |

Таблица В.3 – Значения при отсутствии нагрузки

| | $ \Delta C_{100\%} $ | $2 \sigma_{100\%}$ | $ \Delta C_{75\%} $ | $2 \sigma_{75\%}$ | $ \Delta C_{50\%} $ | $2 \sigma_{50\%}$ | $ \Delta C_{25\%} $ | $2 \sigma_{25\%}$ |
|----|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 1 | 0 | 2,6 | 1,2 | 3 | 2,8 | 2,8 | 2 | 2,6 |
| 2 | 2 | | 3,2 | | 0,8 | | 0 | |
| 3 | 0 | | 3,2 | | 1,2 | | 0 | |
| 4 | 2 | | 0,8 | | 3,2 | | 2 | |
| 5 | 2 | | 1,2 | | 1,2 | | 2 | |
| 6 | 2 | | 4,8 | | 3,2 | | 2 | |
| 7 | 2 | | 0,8 | | 2,8 | | 2 | |
| 8 | 0 | | 1,2 | | 0,8 | | 0 | |
| 9 | 2 | | 2,8 | | 0,8 | | 2 | |
| 10 | 2 | | 0,8 | | 0,8 | | 4 | |

Таблица В.4 – Значения при нагрузке в 400 кг

| | $ \Delta C_{100\%} $ | $2 \sigma_{100\%}$ | $ \Delta C_{75\%} $ | $2 \sigma_{75\%}$ | $ \Delta C_{50\%} $ | $2 \sigma_{50\%}$ | $ \Delta C_{25\%} $ | $2 \sigma_{25\%}$ |
|----|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 1 | 0,3 | 2,3 | 0,6 | 2,0 | 0,0 | 0,0 | - | 2,2 |
| 2 | - | | 0,6 | | - | | 0 | |
| 3 | 1,7 | | 1,4 | | 0,0 | | - | |
| 4 | 0,3 | | - | | - | | - | |
| 5 | - | | 0,6 | | 0,0 | | - | |
| 6 | 1,7 | | - | | - | | 0 | |
| 7 | - | | 0,6 | | 0,0 | | 2 | |
| 8 | 0,3 | | 1,4 | | - | | - | |
| 9 | - | | - | | - | | 2 | |
| 10 | 2,3 | | 0,6 | | 0,0 | | - | |

Таблица В.5 – Значения при отсутствии нагрузки

| | $ \Delta C_{100\%} $ | $2 \sigma_{100\%}$ | $ \Delta C_{75\%} $ | $2 \sigma_{75\%}$ | $ \Delta C_{50\%} $ | $2 \sigma_{50\%}$ | $ \Delta C_{25\%} $ | $2 \sigma_{25\%}$ |
|----|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 1 | 0 | 2,6 | 0,3 | 2,4 | 2,0 | 2,2 | 2,4 | 2,6 |
| 2 | 2 | | 2,3 | | 0,0 | | 0,4 | |
| 3 | 0 | | 2,3 | | 2,0 | | 0,4 | |
| 4 | 2 | | 1,8 | | - | | 1,6 | |
| 5 | 2 | | 0,3 | | 2,0 | | 1,6 | |
| 6 | 2 | | - | | - | | 1,6 | |
| 7 | 2 | | 1,8 | | 2,0 | | 1,6 | |
| 8 | 0 | | 0,3 | | 0,0 | | 0,4 | |
| 9 | 2 | | - | | 0,0 | | 2,4 | |
| 10 | 2 | | 1,8 | | 0,0 | | - | |

Таблица В.6 – Значения при нагрузке в 400 кг

| $\epsilon_{100\%}, \%$ | $\epsilon_{75\%}, \%$ | $\epsilon_{50\%}, \%$ | $\epsilon_{25\%}, \%$ |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1,71 | 1,6 | 0,0 | 2,3 |

Таблица В.7 – Значения при отсутствии нагрузки

| $\epsilon_{100\%}, \%$ | $\epsilon_{75\%}, \%$ | $\epsilon_{50\%}, \%$ | $\epsilon_{25\%}, \%$ |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 9,7 | 10,1 | 10,0 | 11,9 |

Расчет для покрытия «лед с примесью песочной крошки»

Таблица Г.1 – Величины расхождения результатов

| | 100% ошиповка | | 75% ошиповка | | 50% ошиповка | | 25% ошиповка | |
|----|---------------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|
| | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг |
| 1 | 2,6 | -2 | -4 | -2,2 | -3,6 | -1,4 | -5,6 | -1,6 |
| 2 | -3,4 | 0 | -4 | -0,2 | 0,4 | -1,4 | 0,4 | -1,6 |
| 3 | 2,6 | 0 | 2 | -0,2 | 0,4 | -1,4 | 4,4 | 0,4 |
| 4 | -1,4 | 0 | 2 | 1,8 | 2,4 | 0,6 | 6,4 | 0,4 |
| 5 | -3,4 | -2 | 2 | -0,2 | 2,4 | 0,6 | 2,4 | 2,4 |
| 6 | 2,6 | 0 | 0 | -0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,4 | 2,4 |
| 7 | -1,4 | 2 | 2 | 1,8 | 0,4 | 0,6 | -1,6 | 0,4 |
| 8 | 0,6 | 4 | -2 | -2,2 | -3,6 | 0,6 | -5,6 | -1,6 |
| 9 | 2,6 | 0 | 2 | 1,8 | 2,4 | 0,6 | -3,6 | 0,4 |
| 10 | -1,4 | -2 | 0 | -0,2 | -1,6 | 0,6 | 2,4 | -1,6 |

Таблица Г.2 – Значения при нагрузке в 400 кг

| | $ \Delta C_{100\%} $ | $2 \sigma_{100\%}$ | $ \Delta C_{75\%} $ | $2 \sigma_{75\%}$ | $ \Delta C_{50\%} $ | $2 \sigma_{50\%}$ | $ \Delta C_{25\%} $ | $2 \sigma_{25\%}$ |
|----|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 1 | 2,6 | 3,2 | 4 | 3 | 3,6 | 2,8 | 5,6 | 3,8 |
| 2 | 3,4 | | 4 | | 0,4 | | | |
| 3 | 2,6 | | 2 | | 0,4 | | | |
| 4 | 1,4 | | 2 | | 2,4 | | | |
| 5 | 3,4 | | 2 | | 2,4 | | | |
| 6 | 2,6 | | 0 | | 0,4 | | | |
| 7 | 1,4 | | 2 | | 0,4 | | | |
| 8 | 0,6 | | 2 | | 3,6 | | | |
| 9 | 2,6 | | 2 | | 2,4 | | | |
| 10 | 1,4 | | 0 | | 1,6 | | | |

Таблица Г.3 – Значения при отсутствии нагрузки

| | $ \Delta C_{100\%} $ | $2 \sigma_{100\%}$ | $ \Delta C_{75\%} $ | $2 \sigma_{75\%}$ | $ \Delta C_{50\%} $ | $2 \sigma_{50\%}$ | $ \Delta C_{25\%} $ | $2 \sigma_{25\%}$ |
|----|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 1 | 2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 1,4 | 1,9 | 1,6 | 2,4 |
| 2 | 0 | | 0,2 | | 1,4 | | | |
| 3 | 0 | | 0,2 | | 1,4 | | | |
| 4 | 0 | | 1,8 | | 0,6 | | | |
| 5 | 2 | | 0,2 | | 0,6 | | | |
| 6 | 0 | | 0,2 | | 0,6 | | | |
| 7 | 2 | | 1,8 | | 0,6 | | | |
| 8 | 4 | | 2,2 | | 0,6 | | | |
| 9 | 0 | | 1,8 | | 0,6 | | | |
| 10 | 2 | | 0,2 | | 0,6 | | | |

Таблица Г.4 – Значения при нагрузке в 400 кг

| | $ \Delta C_{100\%} $ | $2 \sigma_{100\%}$ | $ \Delta C_{75\%} $ | $2 \sigma_{75\%}$ | $ \Delta C_{50\%} $ | $2 \sigma_{50\%}$ | $ \Delta C_{25\%} $ | $2 \sigma_{25\%}$ |
|----|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 1 | 1,8 | 2,8 | - | 2 | - | 2,2 | - | 2,6 |
| 2 | - | | - | | - | | 0,4 | |
| 3 | 1,8 | | 0,6 | | 0,9 | | - | |
| 4 | 2,3 | | 0,6 | | - | | - | |
| 5 | - | | 0,6 | | 1,1 | | 1,6 | |
| 6 | 1,8 | | 1,4 | | 0,9 | | 0,4 | |
| 7 | 2,3 | | 0,6 | | 0,9 | | 2,4 | |
| 8 | 0,3 | | - | | - | | - | |
| 9 | 1,8 | | 0,6 | | 1,1 | | - | |
| 10 | 2,3 | | 1,4 | | - | | 1,6 | |

Таблица Г.5 – Значения при отсутствии нагрузки

| | $ \Delta C_{100\%} $ | $2 \sigma_{100\%}$ | $ \Delta C_{75\%} $ | $2 \sigma_{75\%}$ | $ \Delta C_{50\%} $ | $2 \sigma_{50\%}$ | $ \Delta C_{25\%} $ | $2 \sigma_{25\%}$ |
|----|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 1 | 1,3 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 1,4 | 1,9 | 1,6 | 2,4 |
| 2 | 0,8 | | 0,2 | | 1,4 | | 1,6 | |
| 3 | 0,8 | | 0,2 | | 1,4 | | 0,4 | |
| 4 | 0,8 | | 1,8 | | 0,6 | | 0,4 | |
| 5 | 1,3 | | 0,2 | | 0,6 | | 2,4 | |
| 6 | 0,8 | | 0,2 | | 0,6 | | 2,4 | |
| 7 | - | | 1,8 | | 0,6 | | 0,4 | |
| 8 | - | | 2,2 | | 0,6 | | 1,6 | |
| 9 | 0,8 | | 1,8 | | 0,6 | | 0,4 | |
| 10 | 1,3 | | 0,2 | | 0,6 | | 1,6 | |

Таблица Г.6 – Значения при нагрузке в 400 кг

| $\epsilon_{100\%}, \%$ | $\epsilon_{75\%}, \%$ | $\epsilon_{50\%}, \%$ | $\epsilon_{25\%}, \%$ |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 2,1 | 1,7 | 2,3 | 2,8 |

Таблица Г.7 – Значения при отсутствии нагрузки

| $\epsilon_{100\%}, \%$ | $\epsilon_{75\%}, \%$ | $\epsilon_{50\%}, \%$ | $\epsilon_{25\%}, \%$ |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 10,3 | 8,9 | 9,4 | 12,5 |

Расчет для покрытия «рыхлый снег»

Таблица Д.1 – Величины расхождения результатов

| | 100% ошиповка | | 75% ошиповка | | 50% ошиповка | | 25% ошиповка | |
|----|---------------|------|--------------|------|--------------|-------|--------------|-------|
| | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг |
| 1 | -8,6 | -8,0 | 3,6 | 2,4 | -18,2 | 3,8 | 4,2 | 3,8 |
| 2 | -4,6 | -2,0 | -6,4 | 0,4 | 5,8 | 1,8 | 4,2 | 1,8 |
| 3 | -6,6 | 0,0 | -4,4 | 0,4 | 1,8 | 1,8 | -5,8 | 1,8 |
| 4 | 13,4 | 0,0 | 1,6 | -1,6 | 1,8 | -10,2 | -5,8 | -10,2 |
| 5 | 1,4 | 4,0 | 5,6 | -1,6 | 7,8 | -4,2 | 2,2 | -4,2 |
| 6 | -4,6 | 4,0 | 1,6 | -1,6 | -10,2 | 3,8 | 4,2 | 3,8 |
| 7 | 3,4 | 2,0 | 3,6 | 0,4 | -8,2 | 1,8 | -5,8 | 1,8 |
| 8 | -6,6 | -2,0 | -2,4 | 2,4 | 3,8 | 1,8 | -1,8 | 1,8 |
| 9 | 5,4 | 2,0 | -0,4 | 0,4 | 7,8 | -4,2 | 0,2 | -4,2 |
| 10 | 7,4 | 0,0 | -2,4 | -1,6 | 7,8 | 3,8 | 4,2 | 3,8 |

Таблица Д.2 – Значения при нагрузке в 400 кг

| | $ \Delta C_{100\%} $ | $2 \sigma_{100\%}$ | $ \Delta C_{75\%} $ | $2 \sigma_{75\%}$ | $ \Delta C_{50\%} $ | $2 \sigma_{50\%}$ | $ \Delta C_{25\%} $ | $2 \sigma_{25\%}$ |
|----|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 1 | 8,6 | 6,4 | 3,6 | 3,8 | 18,2 | 5,6 | 4,2 | 4,2 |
| 2 | 4,6 | | 6,4 | | 5,8 | | 4,2 | |
| 3 | 6,6 | | 4,4 | | 1,8 | | 5,8 | |
| 4 | 13,4 | | 1,6 | | 1,8 | | 5,8 | |
| 5 | 1,4 | | 5,6 | | 7,8 | | 2,2 | |
| 6 | 4,6 | | 1,6 | | 10,2 | | 4,2 | |
| 7 | 3,4 | | 3,6 | | 8,2 | | 5,8 | |
| 8 | 6,6 | | 2,4 | | 3,8 | | 1,8 | |
| 9 | 5,4 | | 0,4 | | 7,8 | | 0,2 | |
| 10 | 7,4 | | 2,4 | | 7,8 | | 4,2 | |

Таблица Д.3 – Значения при отсутствии нагрузки

| | $ \Delta C_{100\%} $ | $2 \sigma_{100\%}$ | $ \Delta C_{75\%} $ | $2 \sigma_{75\%}$ | $ \Delta C_{50\%} $ | $2 \sigma_{50\%}$ | $ \Delta C_{25\%} $ | $2 \sigma_{25\%}$ |
|----|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 1 | 8,0 | 3,2 | 2,4 | 2,4 | 3,8 | 4,0 | 4,6 | 2,8 |
| 2 | 2,0 | | 0,4 | | 1,8 | | 1,4 | |
| 3 | 0,0 | | 0,4 | | 1,8 | | 0,6 | |
| 4 | 0,0 | | 1,6 | | 10,2 | | 3,4 | |
| 5 | 4,0 | | 1,6 | | 4,2 | | 0,6 | |
| 6 | 4,0 | | 1,6 | | 3,8 | | 0,6 | |
| 7 | 2,0 | | 0,4 | | 1,8 | | 0,6 | |
| 8 | 2,0 | | 2,4 | | 1,8 | | 1,4 | |
| 9 | 2,0 | | 0,4 | | 4,2 | | 3,4 | |
| 10 | 0,0 | | 1,6 | | 3,8 | | 2,6 | |

Таблица Д.4 – Значения при нагрузке в 400 кг

| | $ \Delta C_{100\%} $ | $2 \sigma_{100\%}$ | $ \Delta C_{75\%} $ | $2 \sigma_{75\%}$ | $ \Delta C_{50\%} $ | $2 \sigma_{50\%}$ | $ \Delta C_{25\%} $ | $2 \sigma_{25\%}$ |
|----|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 1 | - | 4,0 | 2,9 | 3,2 | - | 3,4 | 0,4 | 1,8 |
| 2 | 2,0 | | - | | 0,6 | | 0,4 | |
| 3 | 4,0 | | - | | 3,4 | | - | |
| 4 | - | | 0,9 | | 3,4 | | - | |
| 5 | 4,0 | | - | | 2,6 | | 1,6 | |
| 6 | 2,0 | | 0,9 | | - | | 0,4 | |
| 7 | - | | 2,9 | | - | | - | |
| 8 | 4,0 | | 3,1 | | 1,4 | | - | |
| 9 | - | | 1,1 | | 2,6 | | - | |
| 10 | - | | 3,1 | | 2,6 | | 0,4 | |

Таблица Д.5 – Значения при отсутствии нагрузки

| | $ \Delta C_{100\%} $ | $2 \sigma_{100\%}$ | $ \Delta C_{75\%} $ | $2 \sigma_{75\%}$ | $ \Delta C_{50\%} $ | $2 \sigma_{50\%}$ | $ \Delta C_{25\%} $ | $2 \sigma_{25\%}$ |
|----|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 1 | - | 2,2 | 2,4 | 2,3 | 1,1 | 2,2 | - | 2,6 |
| 2 | 2,0 | | 0,4 | | 0,9 | | 0,5 | |
| 3 | 0,0 | | 0,4 | | 0,9 | | 1,5 | |
| 4 | 0,0 | | 1,6 | | - | | 2,5 | |
| 5 | - | | 1,6 | | - | | 1,5 | |
| 6 | - | | 1,6 | | 1,1 | | 1,5 | |
| 7 | 2,0 | | 0,4 | | 0,9 | | 1,5 | |
| 8 | 2,0 | | 2,4 | | 0,9 | | 0,5 | |
| 9 | 2,0 | | 0,4 | | - | | 2,5 | |
| 10 | 0,0 | | 1,6 | | 1,1 | | - | |

Таблица Д.6 – Значения при нагрузке в 400 кг

| $\epsilon_{100\%}, \%$ | $\epsilon_{75\%}, \%$ | $\epsilon_{50\%}, \%$ | $\epsilon_{25\%}, \%$ |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 4,8 | 2,9 | 3,6 | 2,3 |

Таблица Д.7 – Значения при отсутствии нагрузки

| $\epsilon_{100\%}, \%$ | $\epsilon_{75\%}, \%$ | $\epsilon_{50\%}, \%$ | $\epsilon_{25\%}, \%$ |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 7,2 | 12,9 | 7,4 | 9,8 |

Расчет для покрытия «уплотненный снег (снежный накат)»

Таблица Е.1 – Величины расхождения результатов

| | 100% ошиповка | | 75% ошиповка | | 50% ошиповка | | 25% ошиповка | |
|----|---------------|------|--------------|------|--------------|-------|--------------|------|
| | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг |
| 1 | -0,2 | 1,8 | 8,6 | 1,0 | 2,2 | -4,6 | 5,2 | -4,4 |
| 2 | 9,8 | -0,2 | -7,4 | -1,0 | -7,8 | 3,4 | 3,2 | -6,4 |
| 3 | -2,2 | -0,2 | -11,4 | -1,0 | 2,2 | 3,4 | 1,2 | -0,4 |
| 4 | -4,2 | -2,2 | 4,6 | 1,0 | 0,2 | 1,4 | 1,2 | -2,4 |
| 5 | 9,8 | 3,8 | 0,6 | -1,0 | 0,2 | 1,4 | -6,8 | 1,6 |
| 6 | -10,2 | -2,2 | -1,4 | 1,0 | 0,2 | -10,6 | -0,8 | 3,6 |
| 7 | -2,2 | 1,8 | -1,4 | 1,0 | 2,2 | -0,6 | -6,8 | -0,4 |
| 8 | -0,2 | -0,2 | 0,6 | -1,0 | 2,2 | 1,4 | 1,2 | 1,6 |
| 9 | 1,8 | -2,2 | 2,6 | 1,0 | -1,8 | 3,4 | -0,8 | 3,6 |
| 10 | -2,2 | -0,2 | 4,6 | -1,0 | 0,2 | 1,4 | 3,2 | 3,6 |

Таблица Е.2 – Значения при нагрузке в 400 кг

| | $ \Delta C_{100\%} $ | $2 \sigma_{100\%}$ | $ \Delta C_{75\%} $ | $2 \sigma_{75\%}$ | $ \Delta C_{50\%} $ | $2 \sigma_{50\%}$ | $ \Delta C_{25\%} $ | $2 \sigma_{25\%}$ |
|----|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 1 | 0,2 | 4,4 | 8,6 | 4,4 | 2,2 | 2,8 | 2,2 | 3,6 |
| 2 | 9,8 | | 7,4 | | 7,8 | | 7,8 | |
| 3 | 2,2 | | 11,4 | | 2,2 | | 2,2 | |
| 4 | 4,2 | | 4,6 | | 0,2 | | 0,2 | |
| 5 | 9,8 | | 0,6 | | 0,2 | | 0,2 | |
| 6 | 10,2 | | 1,4 | | 0,2 | | 0,2 | |
| 7 | 2,2 | | 1,4 | | 2,2 | | 2,2 | |
| 8 | 0,2 | | 0,6 | | 2,2 | | 2,2 | |
| 9 | 1,8 | | 2,6 | | 1,8 | | 1,8 | |
| 10 | 2,2 | | 4,6 | | 0,2 | | 0,2 | |

Таблица Е.3 – Значения при отсутствии нагрузки

| | $ \Delta C_{100\%} $ | $2 \sigma_{100\%}$ | $ \Delta C_{75\%} $ | $2 \sigma_{75\%}$ | $ \Delta C_{50\%} $ | $2 \sigma_{50\%}$ | $ \Delta C_{25\%} $ | $2 \sigma_{25\%}$ |
|----|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 1 | 1,8 | 2,6 | 1,0 | 2,0 | 4,6 | 3,8 | 4,4 | 3,6 |
| 2 | 0,2 | | 1,0 | | 3,4 | | 6,4 | |
| 3 | 0,2 | | 1,0 | | 3,4 | | 0,4 | |
| 4 | 2,2 | | 1,0 | | 1,4 | | 2,4 | |
| 5 | 3,8 | | 1,0 | | 1,4 | | 1,6 | |
| 6 | 2,2 | | 1,0 | | 10,6 | | 3,6 | |
| 7 | 1,8 | | 1,0 | | 0,6 | | 0,4 | |
| 8 | 0,2 | | 1,0 | | 1,4 | | 1,6 | |
| 9 | 2,2 | | 1,0 | | 3,4 | | 3,6 | |
| 10 | 0,2 | | 1,0 | | 1,4 | | 3,6 | |

Таблица Е.4– Значения при нагрузке в 400 кг

| | $ \Delta C_{100\%} $ | $2 \sigma_{100\%}$ | $ \Delta C_{75\%} $ | $2 \sigma_{75\%}$ | $ \Delta C_{50\%} $ | $2 \sigma_{50\%}$ | $ \Delta C_{25\%} $ | $2 \sigma_{25\%}$ |
|----|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 1 | 1,2 | 2,2 | - | 2,0 | 1,0 | 2,0 | - | 2,2 |
| 2 | - | | - | | | | | |
| 3 | 0,8 | | - | | 1,0 | | | |
| 4 | - | | 2,0 | | 1,0 | | 0,8 | |
| 5 | - | | 2,0 | | 1,0 | | - | |
| 6 | - | | - | | 1,0 | | 1,2 | |
| 7 | 0,8 | | - | | 1,0 | | - | |
| 8 | 1,2 | | 2,0 | | 1,0 | | 0,8 | |
| 9 | - | | 0,0 | | - | | 1,2 | |
| 10 | 0,8 | | 2,0 | | 1,0 | | - | |

Таблица Е.5 – Значения при отсутствии нагрузки

| | $ \Delta C_{100\%} $ | $2 \sigma_{100\%}$ | $ \Delta C_{75\%} $ | $2 \sigma_{75\%}$ | $ \Delta C_{50\%} $ | $2 \sigma_{50\%}$ | $ \Delta C_{25\%} $ | $2 \sigma_{25\%}$ |
|----|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 1 | 2,2 | 2,2 | 1,0 | 2,0 | - | 2,0 | - | 2,6 |
| 2 | 0,2 | | 1,0 | | 1,5 | | | |
| 3 | 0,2 | | 1,0 | | 1,5 | | 2,3 | |
| 4 | 1,8 | | 1,0 | | 0,5 | | - | |
| 5 | - | | 1,0 | | 0,5 | | 0,3 | |
| 6 | 1,8 | | 1,0 | | - | | 1,7 | |
| 7 | 2,2 | | 1,0 | | - | | 2,3 | |
| 8 | 0,2 | | 1,0 | | 0,5 | | 0,3 | |
| 9 | 1,8 | | 1,0 | | 1,5 | | 1,7 | |
| 10 | 0,2 | | 1,0 | | 0,5 | | 1,7 | |

Таблица Е.6 – Значения при нагрузке в 400 кг

| $\epsilon_{100\%}, \%$ | $\epsilon_{75\%}, \%$ | $\epsilon_{50\%}, \%$ | $\epsilon_{25\%}, \%$ |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 2,2 | 2,1 | 2,1 | 2,6 |

Таблица Е.7 – Значения при отсутствии нагрузки

| $\epsilon_{100\%}, \%$ | $\epsilon_{75\%}, \%$ | $\epsilon_{50\%}, \%$ | $\epsilon_{25\%}, \%$ |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 11,4 | 13,5 | 6,5 | 9,0 |

Расчет для покрытия «снежный накат с примесью песочной крошки»

Таблица Ж.1 – Величины расхождения результатов

| | 100% ошиповка | | 75% ошиповка | | 50% ошиповка | | 25% ошиповка | |
|----|---------------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|
| | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг |
| 1 | -4,2 | -3,8 | -1,6 | -2,8 | -3,0 | -2,4 | 0,4 | -2,6 |
| 2 | 1,8 | 0,2 | 2,4 | -4,8 | 1,0 | -2,4 | -5,6 | -0,6 |
| 3 | 7,8 | 0,2 | -1,6 | 5,2 | -1,0 | -4,4 | 2,4 | -4,6 |
| 4 | -6,2 | -1,8 | -1,6 | -0,8 | -3,0 | 1,6 | 0,4 | 1,4 |
| 5 | -4,2 | 0,2 | -3,6 | -0,8 | -3,0 | 1,6 | 2,4 | 3,4 |
| 6 | 1,8 | -1,8 | 2,4 | 1,2 | -9,0 | 1,6 | -1,6 | 5,4 |
| 7 | -0,2 | 0,2 | 2,4 | -0,8 | 1,0 | -0,4 | -3,6 | 1,4 |
| 8 | -2,2 | 2,2 | -1,6 | -2,8 | 19,0 | 1,6 | 0,4 | -2,6 |
| 9 | 3,8 | 4,2 | 0,4 | 1,2 | -3,0 | 1,6 | 2,4 | -0,6 |
| 10 | 1,8 | 0,2 | 2,4 | 5,2 | 1,0 | 1,6 | 2,4 | -0,6 |

Таблица Ж.2 – Значения при нагрузке в 400 кг

| | $ \Delta C_{100\%} $ | $2 \sigma_{100\%}$ | $ \Delta C_{75\%} $ | $2 \sigma_{75\%}$ | $ \Delta C_{50\%} $ | $2 \sigma_{50\%}$ | $ \Delta C_{25\%} $ | $2 \sigma_{25\%}$ |
|----|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 1 | 4,2 | 3,8 | 1,6 | 3,0 | 3,0 | 4,4 | 0,4 | 3,0 |
| 2 | 1,8 | | 2,4 | | 1,0 | | 5,6 | |
| 3 | 7,8 | | 1,6 | | 1,0 | | 2,4 | |
| 4 | 6,2 | | 1,6 | | 3,0 | | 0,4 | |
| 5 | 4,2 | | 3,6 | | 3,0 | | 2,4 | |
| 6 | 1,8 | | 2,4 | | 9,0 | | 1,6 | |
| 7 | 0,2 | | 2,4 | | 1,0 | | 3,6 | |
| 8 | 2,2 | | 1,6 | | 19,0 | | 0,4 | |
| 9 | 3,8 | | 0,4 | | 3,0 | | 2,4 | |
| 10 | 1,8 | | 2,4 | | 1,0 | | 2,4 | |

Таблица Ж.3 – Значения при отсутствии нагрузки

| | $ \Delta C_{100\%} $ | $2 \sigma_{100\%}$ | $ \Delta C_{75\%} $ | $2 \sigma_{75\%}$ | $ \Delta C_{50\%} $ | $2 \sigma_{50\%}$ | $ \Delta C_{25\%} $ | $2 \sigma_{25\%}$ |
|----|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 1 | 3,8 | 2,6 | 2,8 | 3,4 | 2,4 | 2,8 | 2,6 | 3,2 |
| 2 | 0,2 | | 4,8 | | 2,4 | | 0,6 | |
| 3 | 0,2 | | 5,2 | | 4,4 | | 4,6 | |
| 4 | 1,8 | | 0,8 | | 1,6 | | 1,4 | |
| 5 | 0,2 | | 0,8 | | 1,6 | | 3,4 | |
| 6 | 1,8 | | 1,2 | | 1,6 | | 5,4 | |
| 7 | 0,2 | | 0,8 | | 0,4 | | 1,4 | |
| 8 | 2,2 | | 2,8 | | 1,6 | | 2,6 | |
| 9 | 4,2 | | 1,2 | | 1,6 | | 0,6 | |
| 10 | 0,2 | | 5,2 | | 1,6 | | 0,6 | |

Расчет для покрытия «сухой мерзлый асфальт»

Таблица К.1 – Величины расхождения результатов

| | 100% ошиповка | | 75% ошиповка | | 50% ошиповка | | 25% ошиповка | |
|----|---------------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|
| | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг |
| 1 | -3,6 | -2,8 | -4,4 | -1,0 | -3,0 | 0,6 | -0,8 | -3,2 |
| 2 | 10,4 | 1,2 | -0,4 | -1,0 | -3,0 | -3,4 | -0,8 | 6,8 |
| 3 | 2,4 | 1,2 | -0,4 | 1,0 | 3,0 | 0,6 | 1,2 | 6,8 |
| 4 | 0,4 | -0,8 | 1,6 | -1,0 | 1,0 | -1,4 | 3,2 | -3,2 |
| 5 | 4,4 | 3,2 | 1,6 | 1,0 | -3,0 | 0,6 | -8,8 | -3,2 |
| 6 | 0,4 | 1,2 | -0,4 | 1,0 | 1,0 | 0,6 | -0,8 | -7,2 |
| 7 | -3,6 | -0,8 | -2,4 | 1,0 | -1,0 | 0,6 | 1,2 | -3,2 |
| 8 | -5,6 | -2,8 | 1,6 | -1,0 | 3,0 | 0,6 | 3,2 | 2,8 |
| 9 | -3,6 | 1,2 | 3,6 | 1,0 | 1,0 | 2,6 | 1,2 | 2,8 |
| 10 | -1,6 | -0,8 | -0,4 | -1,0 | 1,0 | -1,4 | 1,2 | 0,8 |

Таблица К.2 – Значения при нагрузке в 400 кг

| | $ \Delta C_{100\%} $ | $2 \sigma_{100\%}$ | $ \Delta C_{75\%} $ | $2 \sigma_{75\%}$ | $ \Delta C_{50\%} $ | $2 \sigma_{50\%}$ | $ \Delta C_{25\%} $ | $2 \sigma_{25\%}$ |
|----|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 1 | 3,6 | 4,0 | 4,4 | 2,8 | 3,0 | 3,0 | 0,8 | 3,2 |
| 2 | 10,4 | | 0,4 | | 3,0 | | 0,8 | |
| 3 | 2,4 | | 0,4 | | 3,0 | | 1,2 | |
| 4 | 0,4 | | 1,6 | | 1,0 | | 3,2 | |
| 5 | 4,4 | | 1,6 | | 3,0 | | 8,8 | |
| 6 | 0,4 | | 0,4 | | 1,0 | | 0,8 | |
| 7 | 3,6 | | 2,4 | | 1,0 | | 1,2 | |
| 8 | 5,6 | | 1,6 | | 3,0 | | 3,2 | |
| 9 | 3,6 | | 3,6 | | 1,0 | | 1,2 | |
| 10 | 1,6 | | 0,4 | | 1,0 | | 1,2 | |

Таблица К.3 – Значения при отсутствии нагрузки

| | $ \Delta C_{100\%} $ | $2 \sigma_{100\%}$ | $ \Delta C_{75\%} $ | $2 \sigma_{75\%}$ | $ \Delta C_{50\%} $ | $2 \sigma_{50\%}$ | $ \Delta C_{25\%} $ | $2 \sigma_{25\%}$ |
|----|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 1 | 2,8 | 2,6 | 1,0 | 2,0 | 0,6 | 2,4 | 3,2 | 4,2 |
| 2 | 1,2 | | 1,0 | | 3,4 | | 6,8 | |
| 3 | 1,2 | | 1,0 | | 0,6 | | 6,8 | |
| 4 | 0,8 | | 1,0 | | 1,4 | | 3,2 | |
| 5 | 3,2 | | 1,0 | | 0,6 | | 3,2 | |
| 6 | 1,2 | | 1,0 | | 0,6 | | 7,2 | |
| 7 | 0,8 | | 1,0 | | 0,6 | | 3,2 | |
| 8 | 2,8 | | 1,0 | | 0,6 | | 2,8 | |
| 9 | 1,2 | | 1,0 | | 2,6 | | 2,8 | |
| 10 | 0,8 | | 1,0 | | 1,4 | | 0,8 | |

Таблица К.4 – Значения при нагрузке в 400 кг

| | $ \Delta C_{100\%} $ | $2 \sigma_{100\%}$ | $ \Delta C_{75\%} $ | $2 \sigma_{75\%}$ | $ \Delta C_{50\%} $ | $2 \sigma_{50\%}$ | $ \Delta C_{25\%} $ | $2 \sigma_{25\%}$ |
|----|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 1 | 1,7 | 2,8 | - | 2,2 | 3,0 | 3,0 | 1,8 | 2,2 |
| 2 | - | | 0,9 | | 3,0 | | 1,8 | |
| 3 | - | | 0,9 | | 3,0 | | 0,2 | |
| 4 | 2,3 | | 1,1 | | 1,0 | | 2,2 | |
| 5 | - | | 1,1 | | 3,0 | | - | |
| 6 | 2,3 | | 0,9 | | 1,0 | | 1,8 | |
| 7 | 1,7 | | - | | 1,0 | | 0,2 | |
| 8 | - | | 1,1 | | 3,0 | | 2,2 | |
| 9 | 1,7 | | - | | 1,0 | | 0,2 | |
| 10 | 0,3 | | 0,9 | | 1,0 | | 0,2 | |

Таблица К.5 – Значения при отсутствии нагрузки

| | $ \Delta C_{100\%} $ | $2 \sigma_{100\%}$ | $ \Delta C_{75\%} $ | $2 \sigma_{75\%}$ | $ \Delta C_{50\%} $ | $2 \sigma_{50\%}$ | $ \Delta C_{25\%} $ | $2 \sigma_{25\%}$ |
|----|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 1 | 2,4 | 2,6 | 1,0 | 2,0 | 0,5 | 2,0 | 2,3 | 4,0 |
| 2 | 1,6 | | 1,0 | | - | | - | |
| 3 | 1,6 | | 1,0 | | 0,5 | | - | |
| 4 | 0,4 | | 1,0 | | 1,5 | | 2,3 | |
| 5 | - | | 1,0 | | 0,5 | | 2,3 | |
| 6 | 1,6 | | 1,0 | | 0,5 | | - | |
| 7 | 0,4 | | 1,0 | | 0,5 | | 2,3 | |
| 8 | 2,4 | | 1,0 | | 0,5 | | 3,7 | |
| 9 | 1,6 | | 1,0 | | - | | 3,7 | |
| 10 | 0,4 | | 1,0 | | 1,5 | | 1,7 | |

Таблица К.6 – Значения при нагрузке в 400 кг

| $\epsilon_{100\%}, \%$ | $\epsilon_{75\%}, \%$ | $\epsilon_{50\%}, \%$ | $\epsilon_{25\%}, \%$ |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 2,5 | 1,7 | 2,3 | 1,6 |

Таблица К.7 – Значения при отсутствии нагрузки

| $\epsilon_{100\%}, \%$ | $\epsilon_{75\%}, \%$ | $\epsilon_{50\%}, \%$ | $\epsilon_{25\%}, \%$ |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 11,4 | 10 | 8,7 | 14,9 |

Расчет для покрытия «мерзлый асфальт с признаками влаги (росы)»

Таблица Л.1 – Величины расхождения результатов

| | 100% ошиповка | | 75% ошиповка | | 50% ошиповка | | 25% ошиповка | |
|----|---------------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|
| | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг | 400 кг | 0 кг |
| 1 | 7,2 | 0,8 | -19,0 | -1,0 | -1,4 | 0,4 | -10,0 | -3,8 |
| 2 | -4,8 | -1,2 | -19,0 | 1,0 | -5,4 | -3,6 | -6,0 | 6,2 |
| 3 | 1,2 | -1,2 | 5,0 | -1,0 | 2,6 | 0,4 | -6,0 | 6,2 |
| 4 | 3,2 | 2,8 | 3,0 | 1,0 | 0,6 | -1,6 | 6,0 | -3,8 |
| 5 | -0,8 | -1,2 | 7,0 | -1,0 | 4,6 | 0,4 | -4,0 | -3,8 |
| 6 | -0,8 | 0,8 | 9,0 | 1,0 | -1,4 | 0,4 | 4,0 | -3,8 |
| 7 | -0,8 | -1,2 | 5,0 | -1,0 | 2,6 | 0,4 | 0,0 | -3,8 |
| 8 | -2,8 | -1,2 | 1,0 | 1,0 | -1,4 | 0,4 | 4,0 | 2,2 |
| 9 | -0,8 | 0,8 | 5,0 | 1,0 | 0,6 | 2,4 | 6,0 | 2,2 |
| 10 | -0,8 | 0,8 | 3,0 | -1,0 | -1,4 | 0,4 | 6,0 | 2,2 |

Таблица Л.2 – Значения при нагрузке в 400 кг

| | $ \Delta C_{100\%} $ | $2 \sigma_{100\%}$ | $ \Delta C_{75\%} $ | $2 \sigma_{75\%}$ | $ \Delta C_{50\%} $ | $2 \sigma_{50\%}$ | $ \Delta C_{25\%} $ | $2 \sigma_{25\%}$ |
|----|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 1 | 7,2 | 3,2 | 19,0 | 5,8 | 1,4 | 3,0 | 10,0 | 4,8 |
| 2 | 4,8 | | 19,0 | | 5,4 | | 6,0 | |
| 3 | 1,2 | | 5,0 | | 2,6 | | 6,0 | |
| 4 | 3,2 | | 3,0 | | 0,6 | | 6,0 | |
| 5 | 0,8 | | 7,0 | | 4,6 | | 4,0 | |
| 6 | 0,8 | | 9,0 | | 1,4 | | 4,0 | |
| 7 | 0,8 | | 5,0 | | 2,6 | | 0,0 | |
| 8 | 2,8 | | 1,0 | | 1,4 | | 4,0 | |
| 9 | 0,8 | | 5,0 | | 0,6 | | 6,0 | |
| 10 | 0,8 | | 3,0 | | 1,4 | | 6,0 | |

Таблица Л.3 – Значения при отсутствии нагрузки

| | $ \Delta C_{100\%} $ | $2 \sigma_{100\%}$ | $ \Delta C_{75\%} $ | $2 \sigma_{75\%}$ | $ \Delta C_{50\%} $ | $2 \sigma_{50\%}$ | $ \Delta C_{25\%} $ | $2 \sigma_{25\%}$ |
|----|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 1 | 0,8 | 2,2 | 1,0 | 2,0 | 0,4 | 2,2 | 3,8 | 4,0 |
| 2 | 1,2 | | 1,0 | | 3,6 | | 6,2 | |
| 3 | 1,2 | | 1,0 | | 0,4 | | 6,2 | |
| 4 | 2,8 | | 1,0 | | 1,6 | | 3,8 | |
| 5 | 1,2 | | 1,0 | | 0,4 | | 3,8 | |
| 6 | 0,8 | | 1,0 | | 0,4 | | 3,8 | |
| 7 | 1,2 | | 1,0 | | 0,4 | | 3,8 | |
| 8 | 1,2 | | 1,0 | | 0,4 | | 2,2 | |
| 9 | 0,8 | | 1,0 | | 2,4 | | 2,2 | |
| 10 | 0,8 | | 1,0 | | 0,4 | | 2,2 | |

