

УДК 625.739:656.05

DOI 10.52928/2070-1616-2026-54-2-20-27

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЙ АВАРИЙНОСТИ С УЧАСТИЕМ ВЕЛОСИПЕДИСТОВ И ЛИЦ НА СРЕДСТВАХ ПЕРСОНАЛЬНОЙ МОБИЛЬНОСТИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

д-р техн. наук, проф. Д.В. КАПСКИЙ¹, А.В. КОРЖОВА²,

д-р техн. наук, проф. В.П. ИВАНОВ³, Д.В. МОЗАЛЕВСКИЙ²

¹Высшая аттестационная комиссия Республики Беларусь, Минск;

²Филиал БНТУ «Научно-исследовательский политехнический институт», Минск;

³Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой)

Представлен комплексный ретроспективный и актуальный анализ состояния аварийности на дорогах Республики Беларусь с участием уязвимых категорий участников дорожного движения: велосипедистов и лиц, передвигающихся на средствах персональной мобильности (СПМ), за период с 01.01.2020 по 31.12.2024. Всего за анализируемый период было зарегистрировано 1748 учетных ДТП данной категории. Проведено распределение статистических данных по годам, территориальному (административному) признаку, типам автомобильных дорог и тяжести последствий. Особое внимание уделено беспрецедентному росту числа ДТП в 2024 г. (501 происшествие), а также выявленному феномену повышенной травмоопасности СПМ (1,35 пострадавшего на одно ДТП) по сравнению с велосипедами (0,97 пострадавшего). Выполнена экономическая оценка потерь от дорожно-транспортного травматизма (более 9,4 млн у.е. в 2024 г.). На основе топографического и факторного анализа предложен комплекс инфраструктурных, законодательных и образовательных рекомендаций по снижению аварийности и интеграции микромобильного транспорта в транспортную систему без ущерба для безопасности.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, дорожно-транспортное происшествие (ДТП), средства персональной мобильности (СПМ), электросамокаты, велосипедисты, транспортная инфраструктура, аварийность, социально-экономический ущерб, микромобильность.

Введение. На современном этапе развития транспортных систем в мировой практике наблюдается стремительный переход к концепции устойчивой городской мобильности¹ [13]. Трансформация транспортного поведения граждан выражается во взрывном росте использования микромобильного транспорта: классических и электрических велосипедов, а также средств персональной мобильности (СПМ) – электросамокатов, моноколес, гироскутеров и сегвеев. С одной стороны, микромобильность решает «проблему последней мили», снижает углеродный след, уменьшает загруженность дорожной сети автомобилями и повышает транспортную доступность [1; 11; 12]. С другой – лавинообразное распространение, в первую очередь, шеринговых электросамокатов в городах привело к серьезному обострению проблемы безопасности дорожного движения (БДД). Массовая интеграция скоростных и бесшумных СПМ в пешеходную инфраструктуру (на тротуары), а также пересечение их траекторий с автомобильными потоками генерируют новые, ранее не изученные очаги аварийности. Ввиду слабой защищенности райдеров дорожно-транспортные происшествия (ДТП) с участием велосипедов и СПМ характеризуются высокой степенью тяжести последствий – как в социальном (травмы, гибель), так и в экономическом отношениях. Отмечено, что существующая практика проектирования улично-дорожной сети, ориентированная на автомобиль, устарела [13].

Исследователями разработаны методы прогнозирования аварийности, основанные на теории конфликтных ситуаций, алгоритмы расчета вероятности ДТП на пересечениях и пешеходных переходах, где наиболее часто гибнут велосипедисты и водители СПМ [1; 2]. Подчеркивается необходимость создания обособленной безбарьерной инфраструктуры, исключаяющей прямой физической контакт потоков с разными скоростными режимами и массой: автомобилей (1000 кг, 60 км/ч), СПМ/велосипедов (15–20 кг, 20–25 км/ч) и пешеходов (4–5 км/ч) [3; 4].

По мнению зарубежных авторов (Götzinger, Eboli, Schepers), появление кикшеринга (проката самокатов) изменило демографию участников движения – ими стали лица, не имеющие опыта вождения и знания правил дорожного движения (ПДД). Медицинская статистика показывает, что для пользователей СПМ характерны специфические черепно-мозговые и челюстно-лицевые травмы из-за смещенного центра тяжести и малого диаметра колес, реагирующих на любые неровности покрытия [5; 6].

В октябре 2022 г. в ПДД Республики Беларусь были внесены изменения, легализующие и определяющие статус СПМ. Лица, передвигающиеся на них, приравнены к пешеходам с правом движения по велодорожкам, а при их отсутствии – по тротуарам, со скоростью не более 25 км/ч.

¹ Капский Д.В. Методология повышения безопасности дорожного движения в городских условиях Республики Беларусь: автореф. дис. ... д-ра. техн. наук: 05.22.10 / Капский Денис Васильевич; Бел. нац. техн. ун-т. – Минск, 2011. – 44 с.

Несмотря на предпринятые правовые шаги, статистические данные указывают на резкий рост аварийности. Существует критический разрыв между популярностью микромобильного транспорта, правовым сознанием пользователей и готовностью дорожной инфраструктуры обеспечить их безопасность. Задачей данного исследования является детальный анализ статистики ДТП в Беларуси за 2020–2024 гг. с целью выявления латентных закономерностей формирования аварийности и обоснования научно-практических путей ее снижения.

Материалы и методы исследования. Основой для исследования послужили сведения Главного управления ГАИ МВД Республики Беларусь о зарегистрированных учетных ДТП за период с 01.01.2020 по 31.12.2024.

В ходе работы применялись следующие методы:

- статистический анализ для выявления абсолютных и относительных показателей динамики ДТП, погибших и раненых;
- метод группировки и кластеризации для районирования показателей по областям и типу автодорог;
- топографический анализ для пространственной оценки концентрации очагов аварийности;
- экономико-математическое моделирование для оценки социально-экономического ущерба государства.

Основная часть. Всего за анализируемый период (2020–2024 гг.) в стране зафиксировано 1748 учетных ДТП с участием велосипедов и СПМ. В этих происшествиях погиб 214 человек и было ранено 1562 человека.

Общие показатели аварийности по годам приведены на рисунке 1.

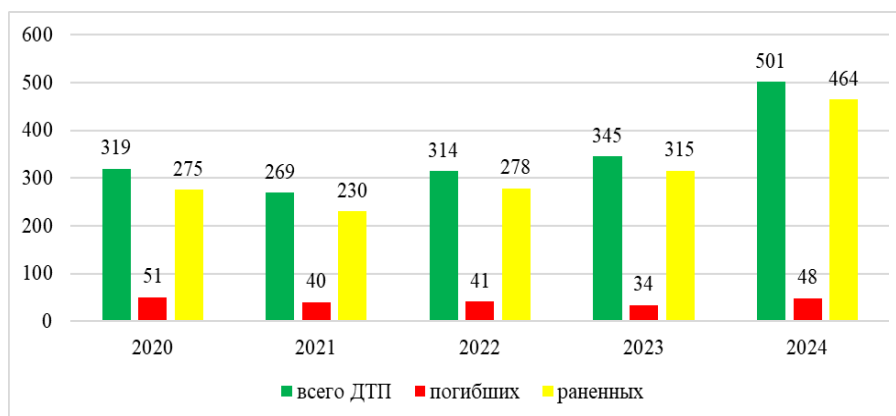


Рисунок 1. – Изменение аварийности по годам

Рассматривая общие показатели, можно выделить несколько этапов развития аварийности:

– 2020–2022 гг.: период флуктуации. Наблюдалось снижение в 2021 г. (с 319 до 269 ДТП), что, вероятно, было связано с отложенными эффектами ограничений активности населения и уменьшения туристических или развлекательных потоков (последствия пандемии COVID-19). Смертность держалась на уровне 40–50 чел./год;

– 2023 год: нарастание напряжения. Плавный рост до 345 ДТП (увеличение раненых до 315). Это год полноценной адаптации общества к обновленным ПДД и резкое расширение парка шеринговых самокатов, вышедших далеко за пределы МКАД г. Минска;

– 2024 год: резкий (экспоненциальный) всплеск. Количество ДТП увеличилось до беспрецедентного значения в 501 случай (+45,2% к предыдущему году). Пропорционально выросло число раненых (464 чел.) и погибших (48 чел.). Этот скачок является главным тревожным индикатором для государственного управления БДД, свидетельствуя о том, что существующая инфраструктурная пропускная способность для микромобильного транспорта в городах полностью исчерпана и началась зона открытого системного конфликта пользователей.

Территориальное распределение. Анализ по административным единицам четко указывает на урбанистическую и географическую специфику распределения рисков.

Минская область (19%) и г. Минск (17%) в сумме аккумулируют 36% всех происшествий. Минск является ядром проблемы как город с максимальной плотностью транспортного, пешеходного потоков и наивысшей концентрацией компаний, сдающих СПМ в аренду. Минская область дает высокий процент из-за маятниковой миграции и интенсивного движения в пристоличной зоне.

Брестская область (18%). Значительный показатель для региона. Брестчина, ввиду благоприятного равнинного рельефа и мягкого климата, исторически имеет самый высокий в Беларуси уровень проникновения велопользования среди местного населения (не только как рекреации, но и как повседневного утилитарного транспорта для поездок на работу в малых городах). Отсюда и высокая база аварийности.

Остальные области – *Могилевская (14%), Гомельская (12%), Витебская (11%), Гродненская (9%)* – демонстрируют зависимость скорее от степени развития инфраструктуры крупных городов региона и числен-

ности населения. Гродненская область демонстрирует наилучшие показатели, что может быть связано с особенностями холмистого рельефа самого г. Гродно, который несколько сдерживает использование маломощных СПМ и лучшей культурой вождения.

Распределение аварийности по административным единицам приведено на рисунках 2, 3.

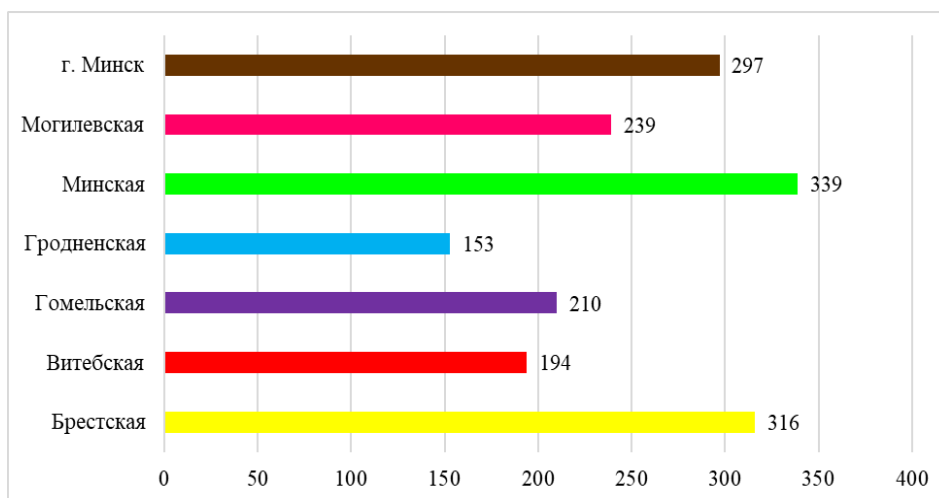


Рисунок 2. – Распределение ДТП по административным единицам

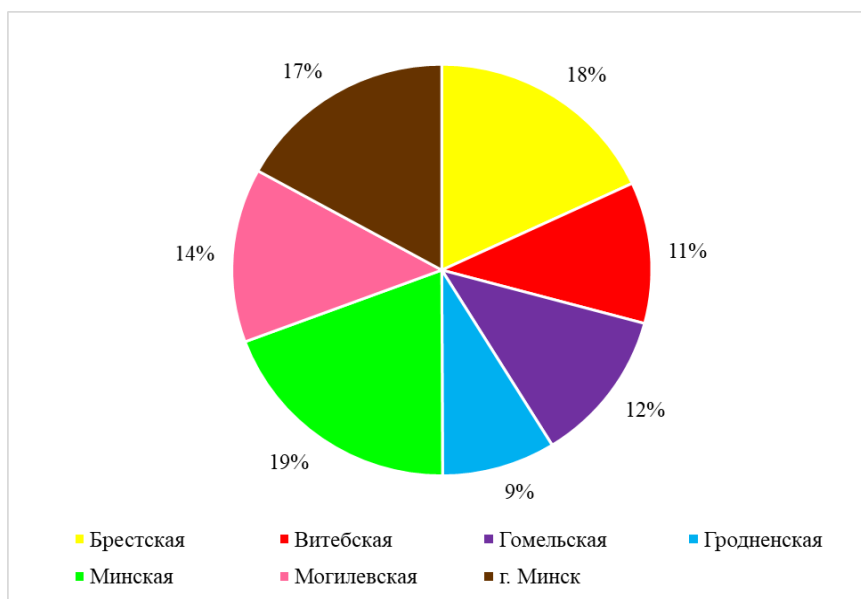


Рисунок 3. – Доля ДТП, приходящихся на каждую административную единицу

Уровень тяжести в зависимости от типа улично-дорожной сети. Наиболее ценные аналитические выводы дает распределение ДТП по месту их совершения (рисунок 4). Большинство инцидентов происходит в населенных пунктах (1263 ДТП, 1218 пострадавших). Однако смертность здесь составляет 63 чел. Показатель летальности (вероятность гибели в ДТП) в городе: $63/1263 \cdot 100 \approx 5\%$. В населенных пунктах действуют городские скоростные ограничения (50–60 км/ч), ДТП в основном происходят на пешеходных переходах, выездах со дворов, где скорости автомобилей снижены.

Радикально иная картина наблюдается за пределами городов:

- местные дороги: 185 ДТП – 54 погибших. Летальность 29,1%;
- республиканские дороги: 245 ДТП – 77 погибших. Летальность $\approx 31,4\%$;
- магистральные дороги: 55 ДТП – 20 погибших. Летальность $\approx 36,3\%$.

Данная статистика обнажает катастрофическую проблему макроуровня. Нахождение велосипедиста (и в особенности лица на СПМ) на обочине или крае проезжей части скоростной трассы в темное время суток (без жилета повышенной видимости, в состоянии опьянения, что часто бывает на местных дорогах в сельской местности) в 1 из 3 случаев заканчивается летально. Кинетическая энергия столкновения при скорости автомо-

бия свыше 80–90 км/ч не оставляет уязвимому участнику шансов на выживание [3; 7]. Эта диспропорция доказывает необходимость запрета движения велосипедистов по проезжей части республиканских и магистральных дорог без обособленных физическим барьером велосипедных дорожек за пределами городов.

Распределение ДТП по участкам дорожной сети приведено на рисунке 4.

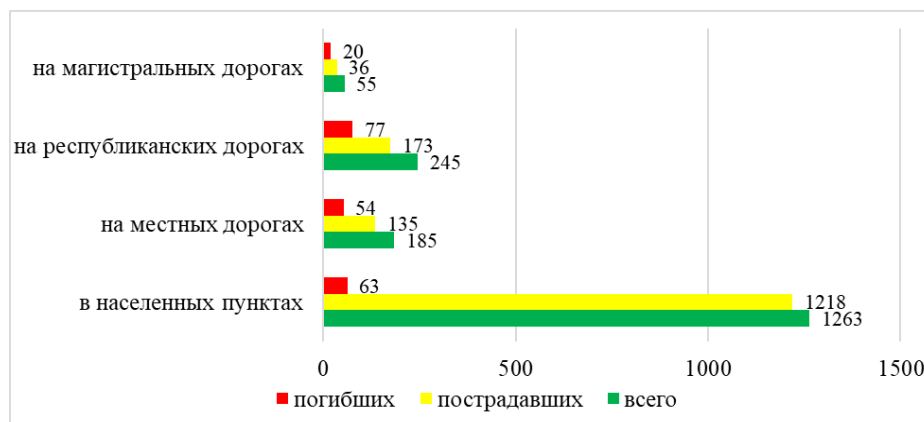


Рисунок 4. – Распределение ДТП по участкам дорожной сети

Данные о аварийности с велосипедистами и средствами персональной мобильности за 2024 г. приведены в таблице 1.

Таблица 1. – Аварийность с велосипедистами и лицами, передвигающимися на средствах персональной мобильности

	Всего (501)	Погибшие (48)	Раненные (464)
ДТП с велосипедистами	432	44	375
ДТП с лицами, передвигающимися на СПМ	69	4	89

Согласно этой статистике, на одно ДТП с СПМ приходится 1,35 пострадавший, а на одно ДТП с велосипедистом – 0,97.

Топографический анализ ДТП в Беларуси выполнен за период 2021–2024 гг. Данные о ДТП с велосипедистами за 2021–2024 гг. получены из базы ДТП ГАИ.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

-  – ДТП с гибелью велосипедиста
-  – ДТП с ранением велосипедиста
-  – ДТП с ранением лица, передвигающегося на СПМ
-  – ДТП с гибелью лица, передвигающегося на СПМ

На рисунке 5, например, приведена карты топографического анализа ДТП с велосипедистами в Беларуси за 2024 г. Очаги аварийности отчетливо концентрируются в пределах крупных населенных пунктов. Но качественный визуальный анализ позволяет сделать вывод, что «теплые» и «красные» точки располагаются на линейных объектах с интенсивным пересечением:

- неотрегулированные светофорами нерегулируемые пешеходные переходы (зебры). Водитель поворачивающего автомобиля объективно не успевает отреагировать на электросамокат, который вылетает из «слепой зоны» (из-за припаркованных автомобилей или кустов) на пешеходный переход со скоростью в 5 раз, превышающей скорость пешехода [1; 10];
- выезды со дворов и прилегающих территорий (конфликт с автомобилями);
- сужения тротуаров и остановки общественного транспорта (конфликт «СПМ–пешеход»).

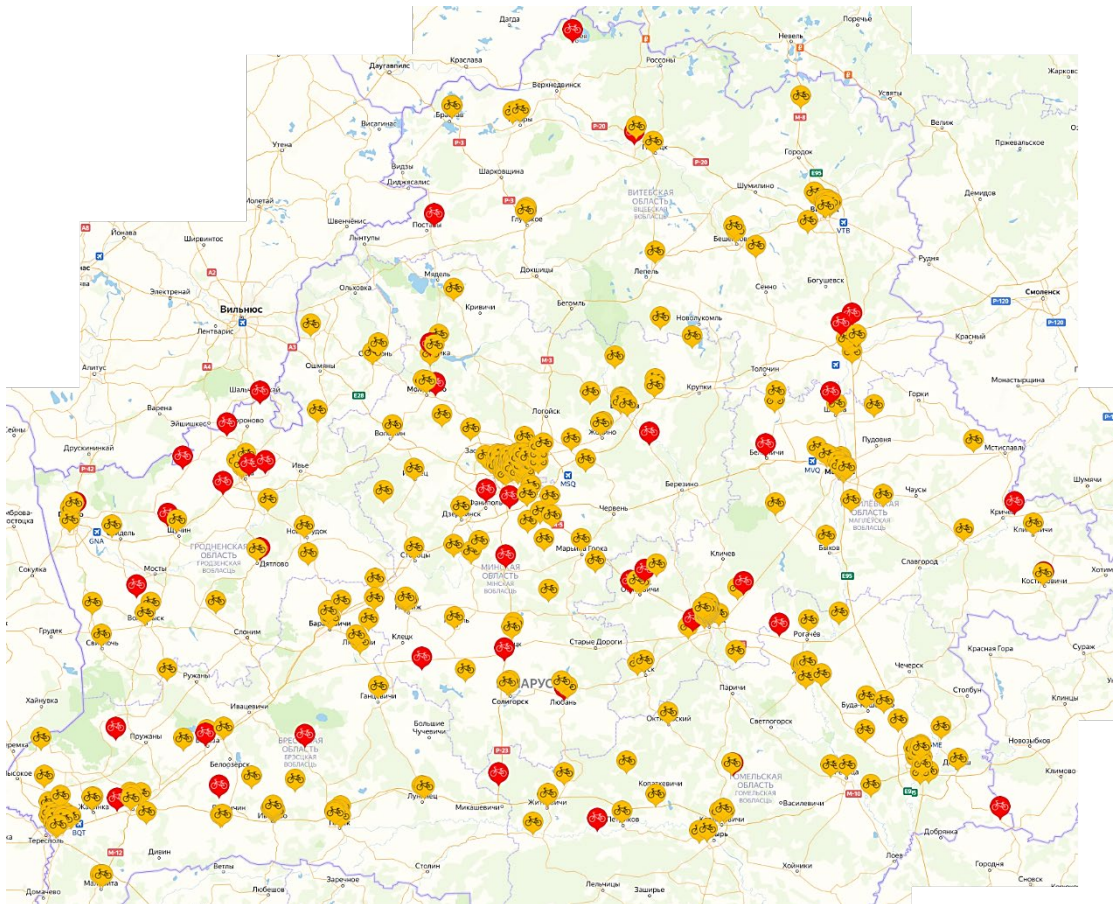


Рисунок 5. – Топографический анализ аварийности с велосипедистами за 2024 г.

В 2024 г. концентрация стала критической в г. Минске и областных центрах, что прямо отражает экспансию бизнеса шеринговых платформ. И согласно исследованиям, с каждым годом количество ДТП с велосипедистами растет. Однако стоит учитывать, что растет и количество лиц, передвигающихся на велосипедах.

Распространение СПМ на территории Беларуси началось с 2015–2016 гг. В 2017 г. на территории г. Минска не было зарегистрировано ни одного ДТП с участием СПМ. По истечении пяти лет ГАИ зафиксировало 22 таких происшествия. В 2023 г. на территории Беларуси произошло 30 ДТП с участием СПМ (все получили ранения).

Дорожно-транспортные происшествия с лицами, передвигающимися на средствах персональной мобильности, начали регистрировать с 2018 г., но в базу ДТП данные о таких происшествиях вносились как происшествия с велосипедистами. Это происходило ввиду того, что СПМ не выделялись как отдельная категория транспортных средств.

Топографический анализ аварийности с лицами, передвигающимися на средствах персональной мобильности, за 2024 г. приведен на рисунке 6.

Анализ парадокса «множественных травм» на СПМ (специфика 2024 г.). Важным этапом эволюции сбора статистики ГАИ стало обособление данных по средствам персональной мобильности в 2024 г., т.к. ранее (с 2018 г.) их классифицировали вместе с велосипедистами. Данные за 2024 г. выявляют структурный сдвиг:

- велосипедисты (432 ДТП): 44 погибших, 375 раненых. *Коэффициент пострадавших на 1 ДТП = 0,97.* (значение меньше 1 обусловлено тем, что в части аварий велосипедист чудом отделялся испугом или легкими ушибами без официальной госпитализации, но наносил урон чужому имуществу, что переводило ДТП в учетное);
- лица на СПМ (69 ДТП): 4 погибших, 89 раненых. *Коэффициент пострадавших на 1 ДТП = 1,35.*

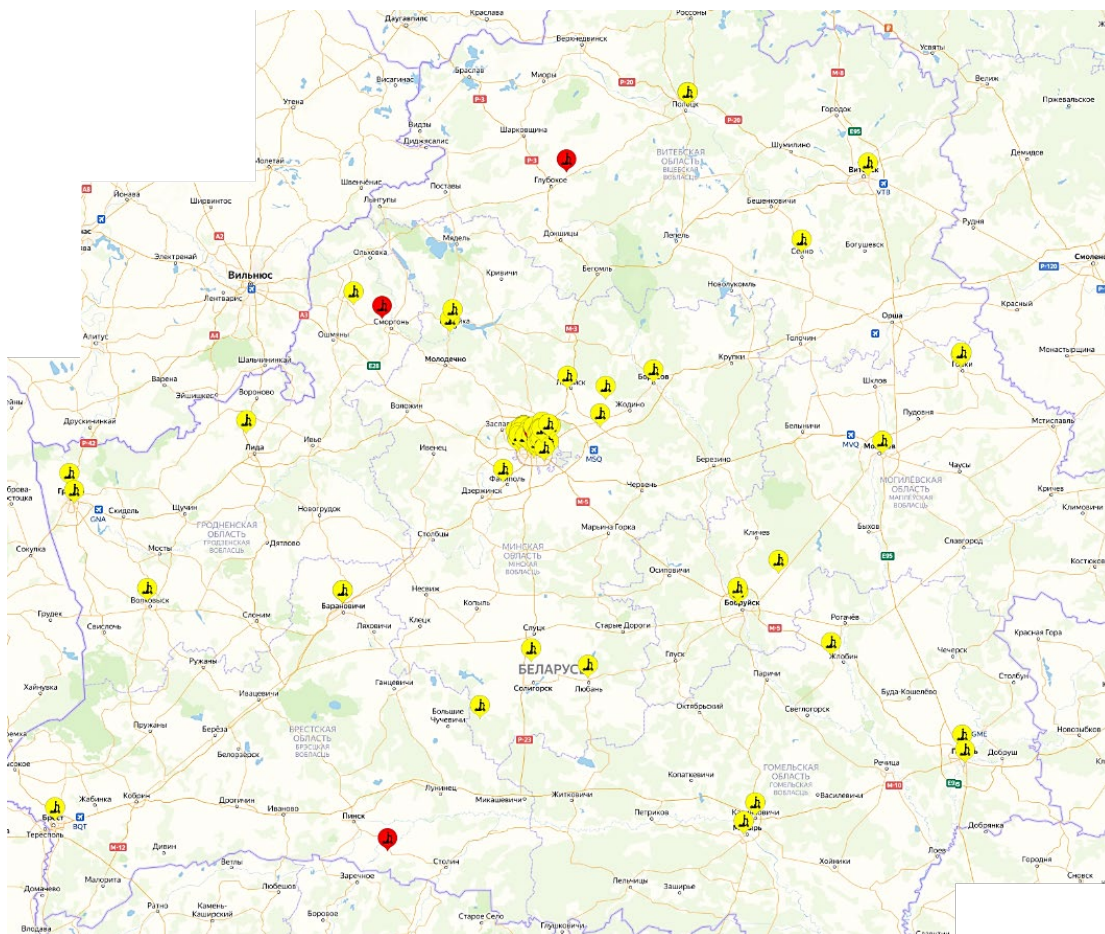


Рисунок 6. – Топографический анализ аварийности с СПМ за 2024 г.

Научное объяснение феномена. Как получилось, что при 69 авариях пострадало 93 человека? Этот коэффициент в 1,35 научно подтверждает самую злостную проблему шеринговой микромобильности:

- *тандемная езда.* Пользователи массово нарушают запрет на перевозку пассажиров. Два подростка/взрослых, стоящие на одной деке арендованного электросамоката, многократно перегружают конструкцию. Руль становится трудно управляемым, тормозной путь увеличивается на 40–60%. При падении или столкновении с препятствием травмы получают оба лица;

- *наезды на пешеходов на тротуарах.* Поскольку закон предписывает СПМ двигаться по тротуарам, тяжелые (до 25–30 кг) электросамокаты, двигающиеся со скоростью 25 км/ч, в случае конфликта травмируют не только райдера (вылетающего через руль), но и сбитого пешехода (часто это пожилые люди или дети, для которых удар приводит к тяжелым переломам) [8]. ДТП классифицируется как одно, но «скорая помощь» увозит двух человек. У велосипедистов (0,97) езда вдвоем физически реже возможна на спортивных или городских рамах без багажника, а масса аппарата (12–15 кг) наносит меньший кинетический урон пешеходу;

Оценка социально-экономического ущерба. Дорожно-транспортные происшествия – это не только трагедии для семей, но и огромный удар по национальной экономике. Социально-экономический ущерб от гибели и ранений граждан складывается из прямых и косвенных потерь (недополученный валовой внутренний продукт, затраты системы здравоохранения, пенсии по инвалидности, спасательные работы) [2]. Потери от аварийности за 2020–2024 гг приведены в таблице 2.

Таблица 2. – Потери от аварийности за 2020–2024 гг.

Год	Стоимость аварий со смертельным исходом, тыс. у.е./год	Стоимость аварий с пострадавшими, тыс. у.е./год	Суммарные аварийные потери, тыс. у.е./год
2020	7650	1320	8970
2021	6000	1104	7104
2022	6150	1334,4	7484,4
2023	5100	1512	6612
2024	7200	2227,2	9427,2

Если в 2023 г. потери были на уровне 6,61 млн у.е., то в 2024 г. произошел резкий рост на 42% – до 9 427 200 у.е. При этом основная доля материальных потерь (7 200 000 у.е.) формируется именно за счет безвозвратных потерь (смертей участников ДТП). Суммарный ущерб за 5 лет превысил 39,6 млн у.е. Данные цифры служат мощнейшим экономическим обоснованием того факта, что выделение бюджетных средств на проектирование, строительство велодорожек и снижение городского скоростного режима – это не убытки для бюджета, а *прямые и высококупаемые инвестиции*. Затраты на прокладку качественной велоинфраструктуры в сотни раз ниже, чем экономические потери государства от лечения тяжелых черепно-мозговых травм пользователей СПМ и потери человеческого капитала [9].

Заключение, выводы и рекомендации. Период с 2020 по 2024 гг. в Республике Беларусь был отмечен стабильным формированием нового вектора аварийности на дорогах и тротуарах, триггером которого выступает появление и лавинообразное распространение микромобильных транспортных средств. 2024 год продемонстрировал антирекорд – 501 ДТП. Экономика страны ежегодно теряет миллионы долларов из-за тяжести травм уязвимых участников. Главной методологической проблемой является сохраняющееся совмещение потоков пешеходов и скоростных механических/электрических средств, а также совмещение велопотоков и тяжелых автомобилей на загородных трассах.

Для купирования сложившейся кризисной тенденции предлагается комплекс мер, разделенный по международно признанному принципу «3Е» (Engineering, Enforcement, Education – Инженерия, Контроль, Образование):

– *инженерно-инфраструктурные рекомендации (Engineering)*. Основа БДД кроется в исключении самих конфликтных ситуаций. Необходимо системное создание обособленных от тротуаров велосипедных дорожек за счет сужения или перераспределения ширины проезжей части, а не за счет «расчерчивания» краской зон на пешеходном тротуаре. Физическая изоляция пешеходов (4 км/ч), велосипедов/СПМ (25 км/ч) и авто (50 км/ч) – единственный путь концепции Vision Zero.

Для загородных магистралей и республиканских дорог – запрет или максимальное ограничение движения велосипедов по обочине с поэтапным проектированием велодорожек в отводе трасс. Приподнятые переезды на перекрестках («лежачие» столы) в городах;

– *законодательные и контрольные рекомендации (Enforcement)*. Очевидная доказанность множественного травматизма (1,35 чел./ДТП для СПМ) требует введения камер фотовидеофиксации или систем искусственного интеллекта на самих шеринговых аппаратах для автоматической жесткой блокировки самоката и крупного штрафа аккаунта пользователя в случае попытки езды вдвоем (в тандеме). Ряд мировых шеринг-компаний уже тестирует датчики распределения веса, эту технологию необходимо сделать законодательным условием для ведения бизнеса в Республике Беларусь.

Усиление контроля скорости в «Slow zones». Установить предел для СПМ в парках, пешеходных улицах, местах массового скопления не 25 км/ч, а программным методом геофенсинга ограничивать их скорость на уровне программного обеспечения шеринговых компаний до 10–12 км/ч;

– *образовательно-административные (Education)*. Запрет на использование шеринговых СПМ лицам, не прошедшим базовый верифицированный электронный тест на знание ПДД в самом мобильном приложении прокатчика. Введение обязательной верификации возраста через системы Межведомственной информационной системы (МСИ) МВД Республики Беларусь для полного исключения несовершеннолетних из числа арендаторов скоростных самокатов (доступ только лицам 18+).

Только применение интегрального системного подхода способно переломить тревожную кривую статистики 2024 года, спасти человеческие жизни и сэкономить макроэкономические ресурсы государства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Устойчивые транспортные системы городов: учеб. / Д.В. Капский, А.О. Лобашов, И.Н. Пугачев и др. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2025. – 128 с.
2. Капский Д.В. Прогнозирование аварийности в дорожном движении. – Минск: БНТУ, 2008. – 242 с.
3. Анализ развития различных видов городского электрического транспорта в Полоцке и Новополоцке / Д.В. Капский, В.Н. Кузьменко, А.С. Красильникова и др. // Наука и техника. – 2022. – Т. 21, № 2. – С. 150–157. DOI 10.21122/2227-1031-2022-21-2-150-157. EDN JHSSJB
4. Врубель Ю.А., Капский Д.В. Опасности в дорожном движении. – М.: Новое знание, 2013. – 244 с.
5. Kapski D., Semtchenkov S., Khmel'nitskaya L. Measures to Improve the Operation of Passenger Transport and Urban Mobility // Komunikacie. – 2023. – Vol. 25, No. 1. – P. A14–A25. DOI 10.26552/com.c.2023.007. EDN GQUPFC
6. Капский Д.В., Пегин П.А., Евтюков С.А. Определение экологических потерь в населенном пункте от движения транспортных средств // Вода и экология: проблемы и решения. – 2017. – № 3(71). – С. 147–158. DOI 10.23968/2305-3488.2017.21.3.147-158. EDN ZUEHNF
7. Капский Д.В. Совершенствование организации дорожного движения на пешеходных переходах // Вестник Белорусского национального технического университета. – 2006. – № 6. – С. 62–64. EDN SFBCUD
8. Капский Д.В. Методология повышения безопасности движения в городских очагах аварийности: принципы и способы // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – Т. 3, № 3(57). – С. 59–65. EDN XRJLEF

9. Капский Д.В. Трансформация элементов дорожно-транспортной инфраструктуры для повышения качества жизни // Современная урбанистика: социальное благополучие и цифровая трансформация города: сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. / Минск (30 нояб. 2023 г.) – Минск: М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т, 2024. – С. 167–173. EDN PYQLFZ
10. Капский Д.В. Повышение качества дорожного движения в очагах аварийности // Наука и техника. – 2015. – № 3. – С. 36–43. EDN VBQRIL
11. Перспективы дальнейшего применения средств персональной мобильности в мегаполисах / Д.В. Капский, Н.А. Филиппова, С.С. Семченков и др. // Актуальные вопросы экономики и управления: современные тенденции, вызовы и новые возможности: сб. ст. междунар. науч.-практ. конф. / Махачкала (05–06 дек. 2024 г.). – Махачкала: Индивидуальный предприниматель Тагиев Рамидин Хейрудинович, 2024. – С. 260–265. EDN GEIDUL
12. Социально-экономические аспекты применения средств персональной мобильности для развития мегаполисов / Д.В. Капский, Н.А. Филиппова, С.С. Семченков и др. // Актуальные вопросы экономики и управления: современные тенденции, вызовы и новые возможности: сб. ст. междунар. науч.-практ. конф. / Махачкала (05–06 дек. 2024 г.). – Махачкала: Индивидуальный предприниматель Тагиев Рамидин Хейрудинович, 2024. – С. 265–269. EDN UWJRNA
13. Организация велосипедного движения в городах / И.Н. Пугачев, Д.В. Капский, А.С. Луцкович и др.; под общ. ред. Д.В. Капского. – Хабаровск: Тихоокеан. гос. ун-т, 2020. – 227 с. EDN DXLLOF

Поступила 03.04.2026

ANALYSIS OF ROAD ACCIDENTS INVOLVING CYCLISTS AND PERSONAL MOBILITY VEHICLES IN THE REPUBLIC OF BELARUS

D. KAPSKI¹, A. KORZOVA², V. IVANOV³, D. MOZALEVSKI²
(¹Higher Attestation Commission of the Republic of Belarus, Minsk;
²Branch of BNTU "Research Polytechnic Institute", Minsk;
³Euphrosyne Polotskaya State University of Polotsk)

This article presents a comprehensive retrospective and current analysis of accidents on the roads of the Republic of Belarus involving vulnerable road users: cyclists and personal mobility vehicles (PMVs), for the period from January 1, 2020, to December 31, 2024. A total of 1,748 accidents in this category were recorded during the analyzed period. The statistical data is categorized by year, territorial (administrative) region, road type, and severity of the accidents. Particular attention is paid to the unprecedented increase in road accidents in 2024 (501 incidents), as well as the identified phenomenon of increased injury risk with personal mobility devices (1.35 victims per accident) compared to bicycles (0.97 victims). An economic assessment of road traffic injury losses was conducted (over 9.4 million USD in 2024). Based on topographic and factor analysis, a set of infrastructural, legislative, and educational recommendations is proposed to reduce accidents and integrate micromobility into the transportation system without compromising safety.

Keywords: road safety, road accidents (RADs), personal mobility devices (PMDs), electric scooters, cyclists, transport infrastructure, accident rates, socioeconomic damage, micromobility.