

ДОРОЖНІЙ ОДЯГ З ШУМОПОГЛИНАЮЧИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

TRAVEL CLOTHING WITH NOISE-ABSORBING PROPERTIES



Дорожко Євген Вікторович кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри проектування доріг, геодезії і землеустрою, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, вулиця Ярослава Мудрого, 25, Харків, Харківська область, 61002, e-mail: evgeniy.dorozhko@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-2894-2131>



Льченко Володимир Васильович, доцент, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», доцент кафедри автомобільних доріг, геодезії та землеустрою, Першотравневий проспект, 24, Полтава, Полтавська область, 36011 e-mail: znpbud@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-0346-8218>

Анотація. На основі наукових досліджень було встановлено, що шум, що виникає від транспортних засобів, має негативний вплив на здоров'я людей. Тому необхідні ефективні рішення у сфері проектування та планування для зменшення шумового навантаження на житлових територіях.

Зазвичай шум утворюється внаслідок руху автомобілів, їх двигунів та дорожнього покриття. Цей шум може негативно впливати на здоров'я людей, спричиняючи стрес, проблеми зі сном, зниження концентрації та інші фізичні та психологічні проблеми.

Основні принципи шумозахисту включають вибір відповідного місця для будівництва автомобільних доріг та використання спеціальних геометричних рішень, які сприяють зменшенню шумового навантаження на прилеглі території. Також встановлення звукоізоляційних бар'єрів є важливим аспектом шумозахисту.

Одним із ефективних засобів захисту від шуму є розробка “тихого” дорожнього покриття. Ця напрямкова технологія спрямована на створення дорожнього покриття, яке забезпечує зниження рівня шуму, що виникає під час руху транспортних засобів.

Розробка “тихого” дорожнього покриття включає в себе використання спеціальних матеріалів і технологій, що дозволяють знизити рівень шуму, що генерується при контакті шин з дорогою. Наприклад, застосування акустично-абсорбуючих матеріалів або спеціальних асфальтових сумішей може допомогти поглинути чи розсіяти звукові хвилі, що виникають від руху автомобілів.

“Тихе” дорожнє покриття має переваги не лише у зменшенні шуму, але й у збереженні комфорту для мешканців, які проживають поруч з автомобільними трасами. Воно сприяє зниженню рівня шуму, який потрапляє до житлових будинків та інших споруд, тим самим створюючи сприятливіші умови для відпочинку та здорового життя.

Розробка тихого дорожнього покриття є постійним процесом, який вимагає співпраці між науковцями, інженерами та виробниками матеріалів. Постійні дослідження і вдосконалення технологій

дозволяють досягати ще більш ефективних результатів у зменшенні шумового навантаження населених територій.

Такі інноваційні рішення у галузі дорожнього будівництва покликані створювати більш сприятливе та екологічно чисте середовище, де шум від автотранспорту не становитиме негативного впливу на здоров'я та якість життя людей.

Ключові слова: шумове навантаження, шумопоглинаюче покриття, еластичне дорожнє покриття, переробка шин, інтенсивний дорожній рух, кліматичні умови.

Вступ. Автомобільні дороги мають вирішальне значення для будь-якої країни, оскільки вони забезпечують ефективну транспортну інфраструктуру для переміщення людей та товарів. Проте, розширення автомобільного транспорту приносить і негативні наслідки, зокрема проблему шумового забруднення, яке може негативно впливати на якість життя мешканців, особливо тих, хто проживає поблизу доріг.

У цій статті ми розглянемо новітню технологію, що пов'язана з шумопоглинанням самим дорожнім одягом.

Проблема та її актуальність. Проблема шуму, пов'язаного з автомобільними дорогами, є актуальною у багатьох населених районах по всьому світу. Зростання автомобільного транспорту, розширення дорожньої мережі і збільшення швидкостей руху призводять до збільшення шумового навантаження на прилеглі території, особливо в житлових районах, школах та медичних установах.

В боротьбу з шумом вступають і зелені насадження, і шумозахисні екрани тощо.

Оскільки шум виникає, в тому числі, від взаємодії шин з дорожнім покриттям, настав час замислитись над розробкою такого дорожнього покриття, що буде знижувати негативний шумовий ефект.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Автомобілі, як-от автомобілі, автобуси, мікроавтобуси та вантажівки, під час роботи виробляють декілька типів шуму, які вносять свій внесок у загальний рівень шуму транспортного засобу. Існує шум, створюваний двигуном, шинами, які взаємодіють з дорожнім покриттям, вихлопом, повітрязабірником і вентилятором охолодження, а також аеродинамічний шум.

Для автомобілів рівень шуму від шин/дороги дорівнює загальному рівню інших джерел шуму на швидкостях від 30 до 40 км/год, стаючи все більш і більш домінуючим зі збільшенням швидкості. Для важких транспортних засобів ця швидкість беззбитковості трохи вища, зазвичай між 50 і 60 км/год [1].

Навіть на вулицях з низькою швидкістю, наприклад, у населених пунктах, бажано зменшити шум від шин/дороги, особливо для автомобілів.

Заходи, спрямовані на джерело шуму, зменшують його виникнення на самому джерелі, тоді як заходи, пов'язані з передачею, намагаються блокувати шлях передачі між джерелом шуму, наприклад, шинами і дорожнім покриттям, і отримувачем, що означає людей у непосредствених близькості. Заходи, спрямовані на джерело шуму, включають шумозахисні дорожні покриття, більш тихі шини та зниження швидкості. Заходи, пов'язані з передачею, включають шумові екрани, зелені насадження тощо.

Органи державної влади можуть змінювати обмеження швидкості та дорожнє покриття. Зниження обмежень швидкості зазвичай зменшує шум на 2–3 децибели для зниження швидкості на 20 км/год на швидкостях, що дорівнюють або нижчі за 50 км/год. На вищих швидкостях зниження зменшується. Вони також можуть покращити безпеку руху, але можуть збільшити час у дорозі.

У той час як акустичні властивості шин є предметом європейського регулювання [2], дорожнє покриття є виключною відповідальністю місцевих і національних дорожніх адміністрацій. Численні європейські міста [3] протягом останніх десятиліть тестували тихі дорожні покриття.

Їх також називають «тонкими шарами асфальту» або «тонкими асфальтовими дорожніми покриттями, що зменшують шум».

Вони використовують невеликий максимальний розмір агрегату для отримання оптимізованої текстури, яка мінімізує вібрацію шини. Товщина їх шарів досягає 3 см. На ринку існує багато різних типів тонких поверхневих шарів, наприклад, у Нідерландах понад сорок, включаючи пористі та щільні

типи. Вони зазвичай знижують шум на 2-4 децибелі на швидкості 50 км/год для автомобілів відносно середньої щільності асфальтобетону [4, 5].

Типи пористого асфальту в середньому приблизно на 1 децибел тихіші, ніж щільні, але вони мають менший термін служби, ніж щільний асфальт. Типовий термін служби тонкого поверхневого шару становить від семи до дев'яти років.

Найпоширенішими проблемами є розшарування (втрата заповнювачів з поверхні) і від'єднання від нижнього шару.

Тонкі поверхневі шари навряд чи дорожчі (зазвичай близько 10%), ніж щільний асфальтобетон. Вони більш довговічні, оскільки для їх виробництва потрібно менше матеріалу, але вони потребують високоякісного липкого покриття, яке протистоїть зусиллям зсуву. Тонкі поверхневі шари підходять і стають все більш популярними на дорогах з низькою та середньою швидкістю, але вони не підходять для ділянок, які піддаються сильним зсувним зусиллям, таких як кільцеві розв'язки, круті схили, повороти, з'їзди вантажівок тощо [6].

Двошаровий пористий асфальт складається з верхнього шару товщиною 2,5 см з дрібним заповнювачем (2/4; 2/6 або 2/8) і нижнього шару товщиною 4,5 см з крупним заповнювачем. Таким чином, загальна товщина пористого шару досягає 7 см, що поглинає більше шуму, спочатку приблизно від 5 до 7 децибел. Двошаровий пористий асфальт є відносно дорогим і підходить для високошвидкісних доріг, які потребують виключного зниження шуму.

Мета дослідження полягає в вивченні та розробці принципово нового дорожнього одягу для будівництва автомобільних доріг. Це дослідження спрямоване на зниження рівня шуму, що виникає внаслідок транспортного руху, та створення комфортних умов для мешканців населених пунктів, які знаходяться поблизу автомобільних доріг.

Виклад основного матеріалу досліджень. Пористе асфальтове дорожнє покриття з низьким рівнем шуму.

Зазвичай використовують невеликий максимальний розмір заповнювачів для отримання оптимізованої текстури, яка мінімізує вібрацію шини. Товщина шарів досягає 3 см. На ринку існує багато різних типів тонких поверхневих шарів, наприклад, у Нідерландах понад сорок, включаючи пористі та щільні типи. Вони зазвичай знижують шум на 2-4 децибелі на швидкості 50 км/год для автомобілів відносно середньої щільності асфальтобетону [5].

Типи пористого асфальту в середньому приблизно на 1 децибел тихіші, ніж щільні, але вони мають менший термін служби, ніж щільний асфальт. Типовий термін служби тонкого поверхневого шару становить від семи до дев'яти років.

Пористий асфальт — це бітумний зносостійкий шар, який містить грубі заповнювачі одного розміру (зазвичай 14 або 16 мм), що утворює "кам'яний скелет". Оскільки пористий асфальт не містить фракції піску і містить лише обмежену кількість мастики, він характеризується великою кількістю взаємопов'язаних порожнеч між своїми заповнювачами, зазвичай 20–25%. Ці порожнечі утворюють нерегулярні канали, які поглинають частину акустичної енергії, тим самим знижуючи шум на 1-3 децибел порівняно з асфальтобетonom середньої щільності. Одношаровий пористий асфальт має товщину близько 4 см. Він підходить для високошвидкісних доріг, але не підходить для доріг з низькою та середньою швидкістю. Порожнечі на цих дорогах швидко забиваються, знову збільшуючи шум на 1 децибел або більше. На високошвидкісних дорогах цей ефект обмежений приблизно 0,3 дБ(А) завдяки ефекту самоочищення в дощову погоду.



Рисунок 1 – Кількість ДТП на 10 000 зареєстрованих транспортних засобів
Figure 1 – Number of road accidents per 10,000 registered vehicles

Типовий термін служби тонкого поверхневого шару становить від семи до дев'яти років. Найбільш поширеними проблемами є розсіпання (втрата заповнювачів з поверхні) і від'єднання від нижнього шару.



Рисунок 2 – Початок розтріскування тонкого поверхневого шару
Figure 2 – Beginning of cracking of the thin surface layer

Двошаровий пористий асфальт складається з верхнього шару товщиною 2,5 см з дрібним заповнювачем (2/4; 2/6 або 2/8) і нижнього шару товщиною 4,5 см з крупним заповнювачем. Таким чином, загальна товщина пористого шару досягає 7 см, що поглинає більше шуму - спочатку приблизно від 5 до 7 децибел. Двошаровий пористий асфальт є відносно дорогим і підходить для високошвидкісних доріг, які потребують виключного зниження шуму. Він вразливий до розсіпання через невеликий розмір заповнювача у верхньому шарі та до засмічення, подібно до одношарового пористого асфальту.



Рисунок 3 – Двошаровий пористий асфальт
Figure 3 – Two-layer porous asphalt

Новим шумопоглинаючим дорожнім одягом може стати еластичне дорожнє покриття, що знаходиться на експериментальній стадії в країнах ЄС [7] і має потенціал зменшити шумове забруднення на автомагістралі. Цей новий тип покриття складається переважно зі старих шин і може бути більш доступною альтернативою шумозахисним бар'єрам.

Прогрес технології дозволяє звернути увагу на те, як шини взаємодіють з дорожньою поверхнею, а не тільки на звук, який виробляє двигун автомобіля.

Еластичне дорожнє покриття, розроблене європейським дослідницьким проектом, забирає близько 85% шуму, що виникає від транспорту. Виміряні дані показують зниження шуму на 8 дБ, що є значним покращенням.

Окрім шумового зменшення, це покриття має інші переваги. Воно покращує тертя на дорозі, що сприяє безпеці дорожнього руху, особливо взимку. Крім того, воно менше забруднює навколишнє середовище і володіє прийнятною тривалістю експлуатації.

Хоча це дорожнє вирішення, ніж звичайний асфальт, воно може бути вигідним в порівнянні з встановленням високих шумозахисних бар'єрів, які мають високі витрати. Дослідники вважають, що цей новий матеріал може стати життєздатним варіантом для боротьби з шумовим забрудненням на автомагістралях по всій Європі у найближчому майбутньому.

Проблема дослідження еластичного дорожнього покриття полягає в його експериментальному стані і необхідності подальших досліджень та випробувань, перш ніж цей матеріал буде готовий для широкомасштабного використання. Хоча результати досліджень є обнадійливими, важливо з'ясувати, як матеріал поводить себе в різних кліматичних умовах, його стійкість до зносу, а також ефективність у зменшенні шуму на реальних автомобільних дорогах.



Рисунок 4 – Тестовий трек у Новій Гориці, Словенія, побудований у грудні 2014 року (довжина 20 м). Ця пороеластична бруківка виготовлена з плитки PERS, наклеєної на цементобетонні блоки.

Figure 4 – Test track in Nova Gorica, Slovenia, built in December 2014 (length 20 m). This poroelastic pavers is made of PERS tiles glued to cement concrete blocks.

Одна з проблем, з якими можуть зіткнутися розробники, полягає в пошуку оптимальних співвідношень компонентів покриття для досягнення бажаної міцності та тривалості його експлуатації. Важливо, щоб покриття було стійким до важкого навантаження та пошкоджень, які можуть виникнути внаслідок інтенсивного дорожнього руху та кліматичних умов.

Також потрібно вирішити екологічні аспекти пов'язані з еластичним покриттям. Важливо встановити, яким чином використання перероблених шин впливає на загальне забруднення навколишнього середовища. Хоча переробка шин є кроком у напрямку сталого використання ресурсів, потрібно врахувати потенційну викиди шкідливих речовин під час експлуатації покриття та його зношування.

Крім того, перед тим як еластичне дорожнє покриття може стати реальним варіантом для боротьби з шумовим забрудненням, потрібно вивчити його ефективність на різних типах автомагістральних доріг та у різних умовах експлуатації. Це включає оцінку його здатності знижувати шум в різних швидкісних режимах, залежно від руху транспорту та інших факторів.

Враховуючи ці проблеми, еластичне дорожнє покриття все ще має потенціал стати перспективним рішенням для зменшення шумового забруднення на автомагістралях. Продовження досліджень і вдосконалення матеріалу дозволять розробникам реалізувати його переваги та мінімізувати можливі недоліки, щоб забезпечити успішне впровадження цього нового типу покриття на дорогах.



Рисунок 5 – Тестовий трек у Герцелі, Бельгія, побудований у вересні 2014 року (довжина 40 м)
 Figure 5 – Test track in Herzels, Belgium, built in September 2014 (length 40 m)

Проект PERSUADE випробовує пороеластичне дорожнє покриття на завантажених дорогах [8].

З моменту стартової зустрічі 28 вересня 2009 року PERSUADE досяг значного прогресу. Цей проект, що фінансується ЄС, спрямований на розробку експериментальної концепції пороеластичних дорожніх покриттів (PERS) у реальний засіб зниження шуму як альтернативу, наприклад, шумозахисним бар'єрам. Перші випробувальні треки PERS в Японії та Швеції продемонстрували, що можна досягти екстремального зниження шуму (до 12 дБ(A)) у порівнянні зі звичайним щільним асфальтобетонним покриттям або тротуарами SMA. Таким чином, у багатьох випадках дороги та нав'язливі шумові бар'єри стають зайвими.

Специфічна особливість цього нового типу дорожнього покриття, винайденого в Швеції наприкінці 1970-х років, полягає в тому, що воно складається переважно з гумових гранул із перероблених автомобільних шин, зв'язаних синтетичною смолою, такою як поліуретан. Він також може містити мінеральні матеріали (кам'яні наповнювачі) і хімічні добавки для підвищення довговічності та стійкості до ковзання, як було випробувано в Японії та Швеції в попередніх проектах. Не містить бітуму. Поки що його недостатня довговічність була основною перешкодою для його використання як засобу зниження шуму, і це все ще так.

Проект PERSUADE розрахований на шість років із загальним бюджетом 4,5 мільйона євро. Дванадцять партнерів із семи європейських країн співпрацюють у цьому проекті, включаючи дослідницькі інститути, університети та компанії, що представляють задіяні сектори промисловості.

У першій половині проекту в лабораторії було розроблено дві перспективні суміші. Цей етап супроводжувався випробуванням сумішей на невеликих «пілотних» випробувальних треках (зазвичай 10–50 м²). Перший повномасштабний випробувальний трек був побудований у Калвехаве, Данія, у червні 2013 року, довжиною 75 м, шириною 3,5 м і товщиною 4 см, але ця тестова доріжка була замінена в червні 2014 року на тестову доріжку з використанням покращеної суміші. У серпні-грудні 2014 року було побудовано ще п'ять повномасштабних випробувальних трас у Бельгії, Швеції (дві), Польщі та Словенії довжиною від 20 м до 75 м. Вони складаються з частково різних сумішей,

сконструйовані по-різному та прокладені на дорогах з різною інтенсивністю руху. Випробувальні треки наразі виглядають дуже гарно, а шумозаглушення порівняно зі звичайними асфальтовими покриттями вражаюче (в одному випадку 11 дБ). На кожній із випробувальних трас розпочато інтенсивну програму моніторингу, щоб отримати з них якомога більше інформації щодо низки відповідних параметрів: зниження шуму, довговічність, опір ковзанню, опір коченню, характеристики взимку тощо.

Висновки. Зараз еластичне дорожнє покриття знаходиться на експериментальній стадії. Це означає, що воно ще потребує подальших досліджень та випробувань, перш ніж буде готове для широкомасштабного використання. Проте, результати досліджень до цього моменту є дуже обнадійливими.

Розробники продовжують вдосконалювати матеріал, зокрема, враховуючи його міцність та тривалість експлуатації. Вони також звертають увагу на екологічні аспекти, зменшуючи кількість забруднень, які виробляє покриття.

Ідея використання перероблених шин у дорожньому покритті вже розглядалась раніше, але натрапила на деякі проблеми. Проте, цей новий підхід, що використовує еластичне покриття, може бути перспективним рішенням для боротьби з шумовим забрудненням.

Загалом, еластична дорожня поверхня є новаторським рішенням, яке може принести значні переваги у зменшенні шуму на автомагістралях. Цей підхід, використовуючи перероблені шини, виявляється доступнішим варіантом порівняно з високими шумозахисними бар'єрами. Завдяки своїм позитивним властивостям, таким як зниження шуму, покращення тертя та екологічність, еластичне дорожнє покриття може зайняти важливу нішу в майбутній інфраструктурі дороги в Європі та інших регіонах світу.

Перелік посилань

[1] Sandberg, U.; Ejsmont, J.A. "Tyre/Road Noise Reference Book", INFORMEX, SE 59040 Kisa, Sweden (2002) (www.informex.info).

[2] EC Regulation No. 661/2009

[3] e.g. Amsterdam, Brussels, Copenhagen, Gothenburg, Paris, Rotterdam and Turin.

[4] Eijbersen, M.J., e.a. "Stille wegdekken", Publicatie 287, Ede (2010), www.crow.nl

[5] DAC 0/16; see excel sheet with Cwegdek values which can be downloaded from www.stillerverkeer.nl

[6] Comprehensive information about thin surface layers can be found in Kragh, J. e.a., OPTHINAL Final Report (2011). The report can be downloaded at http://www.brcc.be/pdf/15/doc/OPTHINAL_FinalReport.pdf

[7] Elastic road surface reduces motorway noise pollution. Euronews with Euronews • Updated: 23/02/2015

[8] <http://www.persuadeproject.eu/>

TRAVEL CLOTHING WITH NOISE-ABSORBING PROPERTIES

Dorozhko Evgeny V., associate professor evgeniy.dorozhko@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2894-2131 department "road design, geodesy and land management" *Kharkiv National Automobile and Road University* 25 Yaroslav Mudry Street, Kharkiv, Kharkiv region, 61002

Иченко Володимир В., associate professor znpbud@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0346-8218 Department "Department of Highways, Geodesy, Land Management and Rural Buildings" *Poltava National Technical University named after Yuri Kondratyuk* Pershotravnevy prospect, 24, Poltava, Poltava region, 36000

Abstract. Based on scientific studies, it has been established that the noise generated by vehicles has a negative impact on human health. Therefore, effective design and planning solutions are needed to reduce the noise load in residential areas.

Noise is usually generated as a result of the movement of vehicles, their engines and road surfaces. This noise can negatively affect people's health by causing stress, sleep problems, decreased concentration and other physical and psychological problems.

The main principles of noise protection include the selection of a suitable site for the construction of highways and the use of special geometric solutions that help reduce the noise load on nearby areas. Also, the installation of soundproof barriers is an important aspect of noise protection.

One of the effective means of noise protection is the development of a "quiet" road surface. This directional technology aims to create a road surface that reduces the noise level generated by the movement of vehicles.

The development of a "quiet" pavement includes the use of special materials and technologies to reduce the level of noise generated when the tires come into contact with the road. For example, the use of acoustically absorbent materials or special asphalt mixes can help absorb or scatter sound waves from vehicle traffic.

"Quiet" pavement has the advantage of not only reducing noise, but also maintaining comfort for residents living near highways. It helps to reduce the noise level that enters residential buildings and other structures, thereby creating more favorable conditions for recreation and a healthy life.

The development of quiet pavement is an ongoing process requiring collaboration between scientists, engineers and material manufacturers. Constant research and improvement of technologies allow us to achieve even more effective results in reducing the noise load of populated areas.

Such innovative solutions in the field of road construction are designed to create a more favorable and environmentally friendly environment, where the noise from vehicles will not adversely affect the health and quality of life of people.

Key words: noise load, noise-absorbing pavement, elastic road surface, tire recycling, heavy traffic, climatic conditions.

References

- [1] Sandberg, U.; Ejsmont, J.A. "Tyre/Road Noise Reference Book", INFORMEX, SE 59040 Kisa, Sweden (2002) (www.informex.info).
- [2] EC Regulation No. 661/2009
- [3] e.g. Amsterdam, Brussels, Copenhagen, Gothenburg, Paris, Rotterdam and Turin.
- [4] Eijbersen, M.J., e.a. "Stille wegdekken", Publicatie 287, Ede (2010), www.crow.nl
- [5] DAC 0/16; see excel sheet with Cwegdek values which can be downloaded from www.stillerverkeer.nl
- [6] Comprehensive information about thin surface layers can be found in Kragh, J. e.a., OPTHINAL Final Report (2011). The report can be downloaded at http://www.brcc.be/pdf/15/doc/OPTHINAL_FinalReport.pdf
- [7] Elastic road surface reduces motorway noise pollution. Euronews with Euronews • Updated: 23/02/2015
- [8] <http://www.persuadeproject.eu/>

Надійшла до редакції 07.06.2023.