

## ЗАСТОСУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

<https://doi.org/10.31649/1997-9266-2022-161-2-60-67>

УДК 656.136:004

**Е. Х. Рабінович**<sup>1</sup>  
**І. В. Грицук**<sup>2</sup>  
**М. Х. Буравцев**<sup>1</sup>  
**В. О. Зуєв**<sup>1</sup>  
**В. А. Макаров**<sup>3</sup>

### ДО АСПЕКТУ ОЦІНКИ УКЛОНУ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ ЗА ПІДТРИМКИ НАВІГАТОРА З БАРОМЕТРИЧНИМ АЛЬТИМЕТРОМ

<sup>1</sup>Харківський національний автомобільно-дорожній університет;

<sup>2</sup>Херсонська державна морська академія;

<sup>3</sup>Вінницький національний технічний університет

*Технічний стан покриття дороги є показником, що змінюється випадково. Ця обставина ускладнює можливість його формалізації та обліку. Виникає необхідність безпосереднього вимірювання величини уклону поверхні автомобільної дороги. Характеристики такого уклону є вагомими факторами для планування середньої швидкості руху та паливної економічності автомобільного транспортного засобу. Для вирішення поставлених в роботі завдань як методологічну основу дослідження використано системний підхід. В змінних умовах експлуатації дорожньої системи, вибрані засоби оперативного контролю на основі інтелектуальних транспортних систем. Розроблена загальна методика проведення експериментального наукового дослідження можливості вимірювання параметрів реального уклону автомобільної дороги в реальній практиці.*

*На практиці потрібен метод вимірювання уклонів дороги для побудови її поздовжнього профілю, що забезпечує раціональну точність, наприклад, 0,001 та не вимагає спеціальних засобів й надмірних витрат праці, часу та фінансів. Вибраний метод повинен поєднувати супутникові сигнали зі свідченнями барометричного альтиметра з підтримкою навігатора (метод БА).*

*Загалом метод БА відпрацьований і не вимагає надмірних витрат часу та праці. Сьогодні для обмірювання нової ділянки достатньо виконати 3—4 пари заїздів у двох напрямках, а потім витратити 4—5 годин на розшифровку записів та обробку даних.*

*Експериментальна перевірка та досвід застосування на практиці показали, що сьогодні для вимірювання уклонів дороги та побудови її поздовжнього профілю з похибкою до 0,001 без залучення спеціальних служб можна рекомендувати використання ручного навігатора GPS/ГЛОНАСС з барометричним альтиметром.*

*БА має високу чутливість, а тому гостро реагує на зміни зовнішніх умов. Важливо дотримуватися викладених у тексті рекомендацій за методикою вимірювань та обробки.*

**Ключові слова:** дистанційний моніторинг, дорожній транспортний засіб, уклон дороги, оцінка уклону, навігатор, барометричний альтиметр, перевезення, поліпшення прогнозування роботи.

#### Вступ

Конкуренція на ринку автомобільних перевезень змушує постачальників транспортних послуг постійно знижувати їх собівартість. Натепер спостерігається підвищений інтерес до дистанційного моніторингу роботи рухомого складу. Це, безумовно, підвищить якість оперативного управління, знизить простой через організаційні та технічні проблеми — але не позбавить перевізника від втрат

через неточне планування, нормування та прогнозування роботи автомобілів. Досі деякі керівники в роботі використовують традиції, досвід, інтуїцію, що шкодить науковому підходу. Але ще понад півстоліття тому професор Н. Я. Говорущенко створив основи теорії експлуатації автомобіля. Найважливішим елементом теорії є класифікація умов експлуатації, основана на єдиному об'єктивному критерії — середній технічній швидкості руху дорожнього транспортного засобу (ДТЗ). Вона визначається чотирма групами умов: дорожніми, транспортними, атмосферно-кліматичними та культурою експлуатації. Ці умови створюються множиною факторів, які часто мають стохастичну та психологічну природу, що значно ускладнює можливість їх формалізації та обліку.

Простіше з дорожніми умовами: накреслення дороги в плані, тип покриття та висоту над рівнем моря можна визначити за топографічною картою. Але, стан покриття дороги є показником, що випадково змінюється. Про нього можна отримати повнішу інформацію лише за результатами безпосереднього моніторингу і дослідження. Тому, для подальшого аналізу, нижче виокремлено особливості характеристик структури автомобільної дороги.

Поздовжній профіль є проекцією осі дороги на паралельну їй вертикальну поверхню. Зображується він як послідовність відрізків прямих, що характеризуються уклоном та довжиною.

Уклон дороги — один із найсильніших факторів, що підвищують витрати палива двигунами внутрішнього згоряння чи електроенергії електромобілями. Навіть якщо завтра всі автомобілі стануть електричними, а післязавтра — водневими, залишиться викид в атмосферу тепла від вироблення електроенергії для зарядки електромобілів, від електролізу води для отримання водню, а головне — всієї витраченої автомобілем та перетвореної на тепло енергії. Про останнє часто забувають, а навіть невеликий автомобіль масою 1,5 т на звичайній швидкості 80 км/год витрачає на подолання опору 40...50 кВт. Дуже невеликий уклон 0,02 збільшує цей величину вдвічі. Відповідно зростає витрата палива і знижується середня технічна швидкість, тобто, збільшується плановий час доставки пасажирів та/або вантажів.

Але оцінити уклони окремих ділянок дороги непросто. Можна знайти офіційні дані про уклони основних доріг (щоправда, є ризик отримання даних за проектом, а не здавальної зйомки). Але це не відноситься до зон будівництва автомобільних і залізничних доріг, ЛЕП, нових поселень — там часто-густо вантажні автомобілі рухаються по об'їзних і тимчасових дорогах, що використовуються недовго (так що немає сенсу замовляти вартісну геодезичну зйомку). Нарешті, у період військових дій може бути недоступною офіційна інформація. Тому вимірювання уклонів — важливе, актуальне і відповідальне завдання, і до того ж важливий і актуальний пошук способів скорочення витрат праці та коштів на її вирішення.

Для створення доріг застосовуються геодезичні способи побудови поздовжнього профілю — нівелювання поверхні та теодолітна зйомка, що характеризуються великою трудомісткістю та низькою продуктивністю. Використовуються сучасніші GNSS-технології — диференціальні вимірювання супутникових сигналів двома одночасно діючими дороговартісними професійними геодезичними приймачами, один з яких є базовим і повинен бути встановлений у точці з відомими координатами, а другий — пересувний, використовується для визначення координат і висот потрібних точок, [1].

У прикладних задачах для вимірювання уклонів використовують водяний рівень, бульбашкові рівні, механічні та електронні інклінометри. Вони дають прийнятну точність на ділянках довжиною до десятків метрів, але за більшої довжини вимагають надмірних витрат часу та праці. Відомі непрямі методи, до прикладу, оцінка уклону швидкості руху контрольного автомобіля, для якого встановлена залежність цієї швидкості від відомих уклонів за фіксованого положення органу управління подачею палива [2]. Недолік цього способу — велика варіабельність параметрів робочого циклу двигуна, властивостей палива, погодних умов тощо. Натепер все ширше застосовуються відносно дешеві туристичні приймачі супутникових сигналів, оснащені барометричним альтиметром (БА), який вимірює висоту точніше, ніж за GPS-сигналами, але вимагає ретельної підготовки оператора [3]. У роботі [4] описано вимірювання уклону дороги поєднанням датчиків прискорень, сигналів GPS/ГЛОНАСС та водяного рівня. Отримано середній уклон  $3^\circ$  з середньою похибкою  $0,20^\circ$  та максимальною  $0,47^\circ$  (відповідно 8,8 та 15,6%). Для оцінки витрати пального та викиду шкідливих речовин, а також для експертизи ДТП такі похибки надто великі. Відомі різні поєднання методів супутникової навігації з вимірюванням параметрів руху автомобіля — метод скочування, метод стабілізації швидкості, метод точок однакових швидкостей (ТОШ) [5].

Пропонуються різні прийоми, наприклад, поєднання побутових навігаторів з високоточними приймачами супутникових сигналів за багаторазових проїздів потрібною ділянкою дороги [6].

У роботі [7] використовується лише стандартне обладнання вантажного автомобіля (навігатор, БА, датчик крутного моменту). Опір кочення і повітря оцінюються розрахунком, обчислюється уклон і зіставляється з еталонним значенням, отриманим від державної дорожньої служби.

Ринок пропонує інклінометри тощо (наприклад, [8]), однак вони не дають потрібної точності вимірювання уклонів дороги.

У деяких випадках прийом супутникових сигналів утруднений або взагалі неможливий, до прикладу, на вузьких дорогах у мокрому листяному лісі або місті з густою багатоповерховою забудовою [9], а також за наявності біля траси веж стільникових ретрансляторів, радіолокаторів, що діють, і навантажених ЛЕП високої напруги, які створюють місцеві перешкоди.

### Результати дослідження

Отже, для реальної практики потрібен метод вимірювання уклонів дороги для побудови її поздовжнього профілю, що забезпечує потрібну точність, наприклад, 0,001, і не вимагає спеціальних засобів і надмірних витрат праці, часу та фінансів. Вибраний метод повинен поєднувати супутникові сигнали з показаннями барометричного альтиметра з підтримкою навігатора (метод БА).

Метод БА виглядає очевидним: за показаннями навігатора визначити координати потрібних точок (широту та довготу), потім обчислити відстань між ними  $\Delta S$  у метрах; за показаннями БА знайти висоти у цих точках ( $H_k$ ) та ( $H_{k+1}$ ) та обчислити уклон ( $i$ )

$$i = (H_k - H_{k+1}) / \Delta S.$$

Проте, практична реалізація тесту стикається з низкою складнощів у частині вибору навігатора і його налаштування, процедури дорожніх вимірювань та порядку обробки результатів. Послідовність розв'язання наведених завдань віддзеркалена нижче.

*Вимоги до навігатора:*

– вкрай бажано вибрати ручний мультисистемний навігатор або хоча б двосистемний навігатор GPS/GLONASS (точність визначення широти та довготи у кілька разів вища ніж у односистемного GPS-навігатора);

– навігатор повинен мати вбудований барометричний альтиметр і записувати в трек саме його показання, а не висоту, обчислену за супутниковими сигналами (точність БА вище в 5—10 разів);

– навігатор повинен дозволяти списати в комп'ютер дані у вигляді grx-файла (GPS eXchange Format — текстовий формат зберігання та обміну даними GPS) або протоколу NMEA 0183 (National Marine Electronics Association).

*Налаштування навігатора має такі особливості:*

– тут і далі опис орієнтований переважно на ручний туристський навігатор Garmin eTrex 30 [10] та накопичений досвід (наведені подробиці методик не можна знайти ні в посібнику з експлуатації, ні в інших публікаціях);

– у налаштуваннях навігатора треба вибрати метод запису «за часом» і встановити інтервал відліків, рівний 1 с (при переміщенні на автомобілі) або 2—3 с (максимум 5 с) при пішому проході.

В закладці «Альтиметр» повинні бути включені функції «Автокалібрування» та використання даних барометра у режимі «Змінна висота».

На вкладці «Екран» має бути увімкнено «Створення знімків» екрана. Вони потрібні для оцінки змін погоди та визначення величини баричного ступеня, який приймає навігатор для обчислення висоти.

*Дорожні вимірювання слід проводити з урахуванням таких умов:*

– не слід проводити за дуже холодної чи спекотної погоди — краще в похмурі дні, але без опадів та вітру більше 2—4 м/с;

– яскраве сонце нагріває автомобіль та різко змінює показання альтиметра;

– атмосферний тиск за час вимірювання має змінюватися незначно, плавно і в один бік (рости чи падати), а краще не змінюватись взагалі;

– слід реєструвати місцеві стрибки тиску, спричинені вибухами, гарматними пострілами, близким прольотом чи проходженням техніки;

– результати вимірювань у цих умовах відбракувати.

– не можна проводити вимірювання за різких змін погоди, до прикладу, перед грозою, не повинно бути магнітної бурі.

Навігатор перераховує тиск у висоту з використанням так званого баричного ступеня. Він залежить від температури навколишнього повітря та поточного тиску в точці знаходження. Наві-

гатор Garmin eTrex 30 враховує в процесі розрахунку висоти поточний тиск, але вважає температуру постійною, приблизно 12 °С. В межах 10...14 °С зміни баричного ступеня не перевищують 1 %; в межах 2...22 °С вони сягають 5 %. За великих відхилень температури під час обробки даних слід вводити поправку таблиці баричних ступенів. У спеку навігатор занижує зміну висот, на холоді — завищує.

Тиск, що вимірюється вбудованим барометром, може змінюватися не тільки через зміну висоти місцевості, а й через зміну погоди. Автокалібрування дозволяє приладу вносити зміни, що враховують тенденцію зміни погоди. Щоб ця функція виробила початкову поправку, навігатор слід увімкнути за 30...50 хвилин перед початком вимірювань. Далі ця поправка плавно змінюватиметься відповідно до змін погоди.

Вимірювання потрібно проводити на автомобілі проїздами у прямому та зворотному напрямках. Оператор з приладом не повинен перебувати в салоні на сонці. Під час руху на південь він повинен тримати руку з приладом під заднім склом. Після розвороту автомобіля, слід його зупинити, сісти поряд із водієм та розташувати навігатор під переднім склом. Протягом хвилини постояти на місці, щоб навігатор добре зв'язався зі супутниками. Після кожного розвороту машини, необхідно займати місця в автомобілі таким чином, щоб прилад приймав сигнали від тих самих супутників та їхній контрисунок не змінювався, інакше індикація координат зміниться (іноді на 6...10 м), навіть якщо автомобіль залишався в тій самій точці. Ця процедура потрібна і тоді, коли записують швидкісні режими (розгони, вибіги, скочування) і висоти не становлять інтересу, а також якщо у приладі, що використовується, немає БА.

Під час виконання швидкісних режимів вікна автомобіля мають бути зачинені. Провітрювати салон можна під час пересадки на розворотах.

Під час вимірювання поздовжнього профілю дороги за допомогою БА треба тримати опущеним на 30...40 мм скло заднього вікна з підвітряного боку (тобто, якщо вітер дме справа, то відкривати потрібно вікно з лівого боку). Це потрібно для вирівнювання тиску повітря в салоні з атмосферним. Після розвороту руху автомобіля у протилежний бік, слід опустити скло з нового підвітряного боку та підняти з навітряного. Якщо оператор сидить на задньому сидінні, то він повинен постійно розташовуватися з боку закритого вікна.

Автомобіль повинен рухатися з постійною швидкістю 20...30 км/год з якомога меншими відхиленнями, без різких маневрів. Сталість швидкості важливіша, ніж її абсолютна величина. Навіть невеликі прискорення, спричинені натисканням на педаль акселератора або гальма, можуть змінити показання альтиметра, наприклад, на 1 метр висоти. Спотворення зберігатиметься ще кілька секунд. Крім того, не можна в ході вимірювального проїзду натискати будь-які кнопки навігатора. Зокрема, перемикаати екрани або використовувати функцію «створення знімків екрана». Це слід робити лише на зупинках, тому що натискання кнопок навігатора також тимчасово збиває показання висоти.

Кількість пар вимірювань — більше двох. Краще, якщо можна виконати кілька пар вимірювань на тій самій ділянці в різні дні.

Необхідно періодично зберігати дані у вигляді окремих треків без вимкнення навігатора — не менше ніж раз на 2 години, щоб випадково не затерти ще незбережені дані. Після збереження слід очистити поточний трек та дані поїздки, звільнивши місце для продовження запису даних.

Можна записувати поздовжній профіль дороги і під час руху пішки (ліворуч дороги, проти руху транспорту) — у цьому випадку точність вимірювань вища, ніж під час руху в автомобілі. Однак потрібно більше часу, щоб здійснити кілька проходів, що суттєво втомлює.

Нижче наведена інформація про розшифровку треків та обробку результатів.

Відомі програми Ozi Explorer, Garmin MapSource, VantagePoint, Google Earth дозволяють імпортувати GPX-файли, але кожна з них конвертує дані у власний формат з округленням. Так, VantagePoint та Garmin MapSource залишають у широті та довготі по п'ять знаків після коми, Ozi Explorer — по шість. Але у вихідному файлі є десять знаків за координатами і значно повніші дані за часом і висотами. Щоб витягти їх, виконавці цього дослідження вибирали за командою «Відкрити за допомогою» програму Microsoft Excel та опцію «Книга, доступна лише для читання». Виділяли всі стовпці, крім чотирьох у правій частині таблиці:

"/trk/trkseg/trkpt/@lat" — широта, градусів;

"/trk/trkseg/trkpt/@lon" — довгота, градусів;

"/trk/trkseg/trkpt/ele" — висота в метрах;

"/trk/trkseg/trkpt/Time" — дата та час UTC — для переходу до місцевого часу в Україні додавали влітку 3 години, взимку 2 години.

Додавали стовпці з послідовними номерами точок треку та часом і датою у числовому форматі в Юліанських днях (такий формат зручний для подальшого розрахунку), а потім зберігали таблицю з новою назвою. Далі обчислювали відстань між сусідніми точками, шлях від початку цієї мірної ділянки, миттєву швидкість (як середню за секунду, що передує цій точці) і швидкість, усереднену за два послідовні інтервали (перший — перед цією точкою, другий — за нею; при цьому враховували, що в записі треку окремі інтервали можуть тривати не одну секунду, а більше).

Розрахунок відстаней виробляли як у площині, дотичної до поверхні у цьому місці. При цьому використовували значення довжини градуса за широтою і довготою, визначені для середньої широти мірної ділянки обчисленням за розкладанням для референц-еліпсоїда, прийнятого в системі координат WGS 84 [11]—[17]).

Як показав досвід, для побудови поздовжнього профілю дороги слід знімати дані постійної швидкості. Використовувати висоти, записані в режимах: розгін, вибіг, початок скочування відразу після первинного «поштовху» двигуном, — не можна, оскільки під час прискорень і уповільнень тиск в автомобілі падає або підвищується, що спотворює показання (так, зміна тиску всього на 0,5 мм рт. ст. зсуває висоту на 5...6 м).

Щоб порівнювати дані з проїздів у прямому та зворотному напрямках, а також у різні дні та на різних автомобілях, їх приводили до однієї широти (оскільки дорога розміщена близько до меридіана) та до шляху від прийнятої «нульової» точки. Дорога має розділені газоном смуги, через що траєкторії проїзду автомобіля у протилежних напрямках відокремлені одна від одної в середньому на 26 метрів. Тому розрахунок ускладнювали врахуванням азимуту дороги у даних точках і перерахунком положення записаних в треку вихідних точок та шляхи на осьову лінію дороги.

БА видає висоти сходинками (для приладу, що описується, по 0,48 м). У запису з періодичністю 1 секунда та сама висота повторюється кілька разів поспіль, а потім відбувається «стрибок» і йдуть повтори вже нової висоти, хоча мікропрофіль дороги плавний, без сходинок. Реальні висоти профілю брали з точок стрибків, тобто по обвідній.

Після кількох вимірювань на тій самій ділянці дороги отримано набір треків у прямому та зворотному напрямках. Треки відрізняються один від одного абсолютними значеннями висот. Це відбувається через різні установки первинної висоти при калібруванні альтиметра перед початком заїздів у різні дні, а також через поступове нагрівання автомобіля сонцем у процесі вимірювань в той самий день. Однак на розрахункові уклони це не впливає, тому що обчислюють їх окремо в межах кожного проїзду, а потім значення з усіх проїздів об'єднують і усереднюють.

Уклони на дорозі змінюються досить плавно, так що кидки в записі координат і висот згладжували методом ковзної середньої з інтервалом згладжування 5 точок.

Далі дані всіх проїздів звели в один масив, сортували по широті та повторно згладжували лінійним фільтром з тим самим інтервалом згладжування. За великої кількості проїздів по тій самій мірній ділянці в кожний інтервал потрапляє багато відліків. Так, за чотирьох проїздів лінійну фільтрацію виконують по 17 суміщених підрахунках, за шести — по 25, за восьми — по 33.

Побудова профілю висот трохи складніша, ніж профілю уклонів. Оскільки висоти для тих самих точок у різних заїздах дещо відрізнялися, вводили додаткові поправки значення висот з різних проїздів.

Результати обробки представляли діаграмами «висота від широти», «висота від шляху», «уклон від широти», «уклон від шляху». Діаграми висоти не наочні — вони майже не відрізняються від прямої лінії або згладженої кривої (рис. 1 і 2) та дозволяють оцінити без розрахунків лише генеральний уклон ділянки дороги.

Діаграми уклону набагато докладніші і наочніші, але до них треба звикнути: недосвідчена людина не бачить на реальній дорозі цих підйомів і спусків, але їх чудово відчуває автомобіль, реагуючи змінами швидкості та витратами палива.

Залежність шляху — прямий перехід від висоти до уклону. Залежність від широти набагато складніша, на неї впливає накреслення дороги в плані, а коли дорога широка, — то і напрямок руху, як уже сказано: адже у прямому та зворотному напрямках автомобіль рухається за різними траєкторіями, тому ці криві важко поєднувати з високою точністю. Особливо складно зводити у загальну діаграму криві, зняті у різні дні. Тут значно зручніше залежно від постійних орієнтирів — довготи та широти.

Загалом метод БА відпрацьований і не вимагає надмірних витрат часу та праці. Сьогодні для

обмірювання нової ділянки достатньо виконати 3—4 пари заїздів у двох напрямках, а потім витратити 4—5 годин на розшифровку записів та обробку даних.

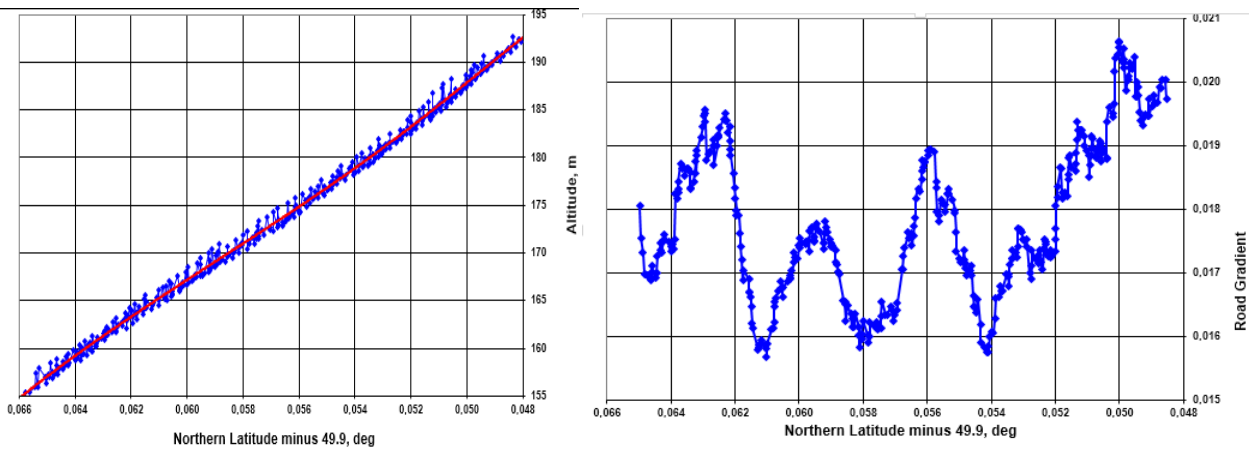


Рис. 1. Діаграми висоти та уклону першої ділянки дороги — порівняння інформативності та наочності

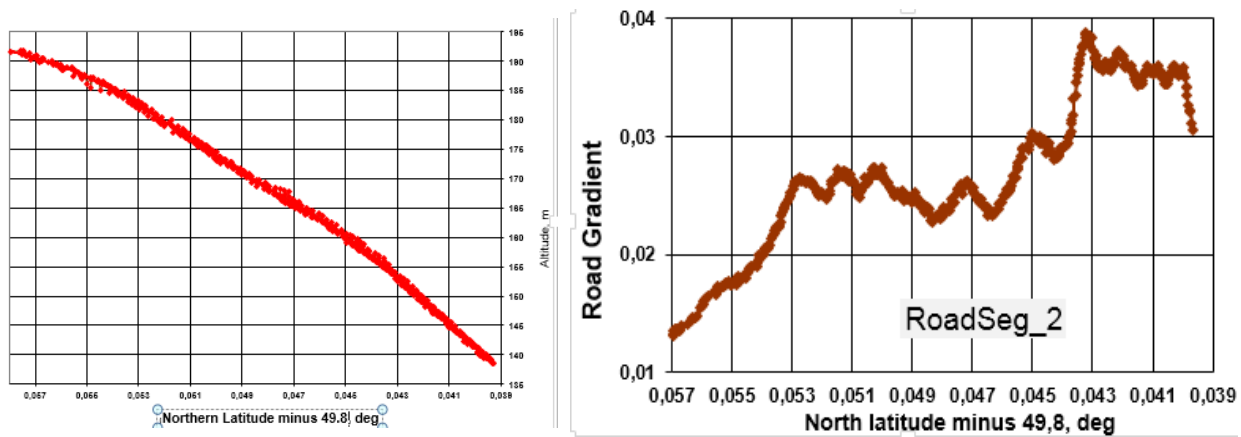


Рис. 2. Діаграми висоти та уклону другої ділянки дороги — порівняння інформативності та наочності

### Висновки та рекомендації

Експериментальна перевірка та досвід застосування на практиці показали, що сьогодні для вимірювання схилів дороги та побудови її поздовжнього профілю з похибкою до 0,001 без залучення спеціальних служб можна рекомендувати використання ручного навігатора GPS/ГЛОНАСС з барометричним альтиметром.

БА має високу чутливість, а тому гостро реагує на зміни зовнішніх умов. Важливо дотримуватися викладених у тексті рекомендацій за методикою вимірювань та обробки.

Може здатися, що описане дослідження не є актуальним, оскільки можна отримати поздовжній профіль дороги в програмі Google Earth Pro. Однак це завдання програма не вирішує. Дані з рельєфу наводяться, виходячи з радарної топографічної зйомки SRTM (Shuttle radar topographic mission), що у лютому 2000 року [15]. Не для території США вони представлені з роздільною здатністю 90 м (дані Level-1). Для Євразії абсолютна помилка положення точок у плані становить 8,8 м, за висотою — 6,2 м. При цьому розбіжність по висотах можлива навіть у сусідніх точках. Через це профілі Google Earth Pro непридатні для доріг, що йдуть насипами, естакадами, дамбами, у виїмках тощо. Програма згладжує їх, інтерполюючи дані щодо точок сусідньої місцевості. Крім того, є проблеми з поверхнею водойм та з дорогами, побудованими після 2000 року.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Patent RU 1796903[Electronic resource]. Available: cl. G01C7/04. <http://www.findpatent.ru/patent/179/1796903.html>.
- [2] *The Road Profile height in meters from classical survey and kinematic GPS*. [Electronic resource]. Available: [https://www.researchgate.net/figure/The-Road-Profile-height-in-meters-from-classical-survey-and-kinematic-GPS\\_tbl1\\_240797536](https://www.researchgate.net/figure/The-Road-Profile-height-in-meters-from-classical-survey-and-kinematic-GPS_tbl1_240797536).

- [3] К. А. Воробьев, *Современные технологии ГНСС для проведения геодезических работ в сложных полевых условиях*. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.geoprofi.ru/Services/Doc/2143/bbf60ba40e6a4792aba8acc300d2aba0/True>.
- [4] V. S. Shein, et al., "Determination of the Inclination of a road," in Scientific-practical conference *Alternative Energy Sources in the Transport and Technological Complex: Problems and Prospects of Rational Use* (Voronezh, 2014), pp. 163-168.
- [5] Эрнест Рабинович, Михаил Буравцев, Владимир Зуев, и Константин Здебский, «Оценка уклона дороги методом скатывания автомобиля,» на *XXV научно-технической конференции «Транспорт, экология — устойчиво развитие», Технически университет — Варна. Кафедра «Транспортна техника и технологии»,* 15-17 июня 2017, с. 148-155.
- [6] B. Y. Boroujeni, and H. Christopher Frey, "Road grade quantification based on global positioning system data obtained from real-world vehicle fuel use and emissions measurements," *Atmospheric Environment*, vol. 85, March 2014, pp. 179-186. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.12.025> .
- [7] Ken Johansson, *Road Slope Estimation with Standard Truck Sensors*. [Electronic resource]. Available: [https://people.kth.se/~kallej/grad.../johansson\\_thesis05.pdf](https://people.kth.se/~kallej/grad.../johansson_thesis05.pdf) .
- [8] *Inclinometers, Clinometers, Slope Measuring Devices*. [Electronic resource]. Available: <https://www.engineersupply.com/inclinometers.aspx> .
- [9] I. Potočnik, "Use of various survey methods in forest engineering," *International Summer School, Integrated Rural Road Network Re-engineering*, July 14-27, 2013. Jezersko, Slovenia. [Electronic resource]. Available: [http://intra.tesaf.unipd.it/cms/IRNR/doc/011\\_2013.pdf](http://intra.tesaf.unipd.it/cms/IRNR/doc/011_2013.pdf) .
- [10] *Garmin eTrex 30 Owner's Manual*. [Electronic resource]. Available: <https://www.manualslib.com/manual/302033/Garmin-Etrex-30.html> .
- [11] *Географическое расстояние* (по документу 47 CFR 73 208 федеральной комиссии по связи США FCC адрес Geographical distance. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://en.wikipedia.org/wiki/Geographical\\_distance](http://en.wikipedia.org/wiki/Geographical_distance) .
- [12] *Компас и барометр в навигаторах Garmin. Обзор малоизвестных настроек*. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.garmin.ru/about/posts/kompas-i-barometr-v-navigatorakh-garmin-obzor-maloizvestnykh-nastroyek/> .
- [13] M. Dubinin, *Description and receiving SRTM data*. 2014. [Electronic resource]. Available: <http://gis-lab.info/qa/srtm.html>
- [14] D. Pohorletskiy, et al., "Improving the Processes of Thermal Preparation of an Automobile Engine with Petrol and Gas Supply Systems (Vehicle Engine with Petrol and LPG Supplying Systems)," *SAE Technical Paper 2020-01-2031*, 2020. <https://doi.org/10.4271/2020-01-2031> .
- [15] M. Volodarets, et al., "Optimization of Vehicle Operating Conditions by Using Simulation Modeling Software," *SAE Technical Paper 2019-01-0099*, 2019. <https://doi.org/10.4271/2019-01-0099> .
- [16] В. П. Матейчик та ін. «Особливості моніторингу стану транспортних засобів з використанням бортових діагностичних комплексів,» *Управління проектами, системний аналіз і логістика*, вип. 13, с. 126-138, 2014.
- [17] D. Klets, et al., "Information Security Risk Management of Vehicles," *SAE Technical Paper 2018-01-0015*, 2018. <https://doi.org/10.4271/2018-01-0015> .
- [18] В. П. Волков, І. В. Грицук, А. П. Комов, і Ю. В. Волков, «Особливості моніторингу і визначення статусу несправностей транспортного засобу у складі бортового інформаційно-діагностичного комплексу,» *Вісник Національного транспортного університету*, вип. 30, с. 51-62, 2014.

Рекомендована кафедрою автомобілів та транспортного менеджменту ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 26.04.2022

**Рабинович Ернест Хаїмович** — канд. техн. наук, доцент кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів ім. проф. М. Я. Говоруценка e-mail: [ernest.rabinovich22@gmail.com](mailto:ernest.rabinovich22@gmail.com) ;

**Буравцев Михайло Хаїмович** — інженер кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів ім. проф. М. Я. Говоруценка, e-mail: [mikhail.buravtsev@gmail.com](mailto:mikhail.buravtsev@gmail.com) ;

**Зуєв Володимир Олександрович** — асистент кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів ім. проф. М. Я. Говоруценка, e-mail: [Vlal.zuyev@gmail.com](mailto:Vlal.zuyev@gmail.com) .

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків;

**Грицук Ігор Валерійович** — д-р техн. наук, професор, професор кафедри експлуатації судових енергетичних установок, e-mail: [gritsuk\\_iv@ukr.net](mailto:gritsuk_iv@ukr.net) .

Херсонська державна морська академія, Херсон;

**Макаров Володимир Андрійович** — д-р техн. наук, професор, професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, e-mail: [makarov@vntu.edu.ua](mailto:makarov@vntu.edu.ua) .

Вінницький національний технічний університет, Вінниця



**E. K. Rabinovych**<sup>1</sup>  
**I. V. Hrytsuk**<sup>2</sup>  
**M. K. Buravtsev**<sup>1</sup>  
**V. O. Zueiv**<sup>1</sup>  
**V. A. Makarov**<sup>3</sup>

## About the Aspect of Evaluation of Development of a Road with the Support of a Navigator with a Barometric Altimeter

<sup>1</sup>Kharkov National Automobile and Highway University;

<sup>2</sup>Kherson State Maritime Academy;

<sup>3</sup>Vinnitsia National Technical University

*The technical condition of the road surface is an indicator that changes by chance. This circumstance complicates the possibility of its formalization and accounting. There is a need to directly measure the slope of the road surface.*

*The characteristics of this slope are important factors for planning the average speed and fuel economy of a motor vehicle. To solve the tasks set in the work as a methodological basis of the study used a systematic approach. In the changing conditions of the road system, the means of operational control based on intelligent transport systems are selected. The general technique of carrying out experimental scientific research of possibility of measurement of parameters of a real slope of the highway in real practice is developed.*

*Current practice requires a method of measuring the slope of the road to build its longitudinal profile, which provides rational accuracy, for example, 0.001 and does not require special tools and excessive labor, time and money. The chosen method should combine satellite signals with barometric altimeter readings with navigator support (BA method).*

*In general, the method of asthma is proven and does not require excessive time and labor. Today, to measure a new site, it is enough to perform 3—4 pairs of races in two directions, and then spend 4—5 hours on decryption of records and data processing.*

*Experimental testing and practical experience have shown that today to measure the slopes of the road and build its longitudinal profile with an error of up to 0.001 without the involvement of special services can recommend the use of manual GPS/GLONASS navigator with barometric altimeter.*

*Asthma has a high sensitivity, and therefore reacts sharply to changes in external conditions. It is important to follow the recommendations in the text on the method of measurement and processing.*

**Keywords:** remote monitoring, road vehicle, road slope, slope estimation, navigator, barometric altimeter, transportation, improved work forecasting.

**Rabinovych Ernest K.** — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor of the Chair of Technical Operation and Service of Cars Named After Prof. M. Ya. Govorushchenko, e-mail: ernest.rabinovich22@gmail.com ;

**Hrytsuk Ihor V.** — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Chair of Operation of Ship Power Plants, e-mail: gritsuk\_iv@ukr.net ;

**Buravtsev Mikhail K.** — Engineer of the Chair of Technical Operation and Service of Cars Named After Prof. M. Ya. Govorushchenko, e-mail: mikhail.buravtsev@gmail.com ;

**Zuiev Volodymyr O.** — Assistant of the Chair of Technical Operation and Service of Cars Named After Prof. M. Ya. Govorushchenko, e-mail: Vlal.zuyev@gmail.com ;

**Makarov Volodymyr A.** — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Chair of Automobile and Transport Management, e-mail: makarov@vntu.edu.ua