

УДК 629.113

- © В.П. Сахно, докт. техн. наук, професор,
- © К.С. Жаров, аспірант (НТУ)

ДО ВИЗНАЧЕННЯ ЇЗДОВИХ ЦИКЛІВ ТА ПОЗДОВЖНИХ ПРОФІЛІВ ДОРІГ

Анотація. Наведено опис методів вимірювання та реєстрації швидкості руху автомобіля з використанням датчика швидкості та системи GPS, проведено порівняння результатів вимірювань. Здійснено аналіз методів вимірювання висот поздовжнього профілю дороги з використанням барометричного альтиметра та системи GPS.

Ключові слова: їздовий цикл, поздовжній профіль дороги, барометричний альтиметр, приймач GPS, датчик швидкості.

Аннотация. Приведено описание методов измерения и регистрации скорости движения автомобиля с использованием датчика скорости и системы GPS, проведено сравнение результатов измерений. Осуществлен анализ методов измерения высот продольного профиля дороги с использованием барометрического альтиметра и системы GPS.

Ключевые слова: ездовой цикл, продольный профиль дороги, барометрический альтиметр, приемник GPS, датчик скорости.

Annotation. The article describes methods for measuring and recording vehicle speed using the speed sensor and system GPS, a comparison of measurement results. An analysis of methods for measuring the heights of the longitudinal profile of the road with barometrical altimeter and GPS system was made.

Keywords: driving cycle, longitudinal profile of road, barometrical altimeter, GPS receiver, speed sensor.

Вступ

Проведення низки експериментальних досліджень експлуатаційних характеристик автомобіля пов'язані з необхідністю визначення зміни швидкості у часі, а також поздовжнього профілю дороги, якою рухається авто. До таких досліджень належить, наприклад, визначення паливної економічності автомобіля. Якщо необхідно дослідити вплив умов руху на цей показник, то в поле таких досліджень обов'язково попадає вимірювання швидкості їздового циклу та визначення значень ухилів ділянок дороги. Таке завдання також постає при розробці імітаційних моделей, призначених для оптимізації параметрів кон-

струкції автомобіля, при виборі найбільш економічних режимів руху на визначеному маршруті тощо.

Для вирішення згаданого завдання використовують різні засоби. Деякі з них: системи, сконструйовані за принципом ефекту Холла, системи, сконструйовані за принципом ефекту Допплера, барометричні альтиметри, приймачі GPS. Використання систем GPS останнім часом набуває все більшого розповсюдження при визначенні швидкостей та поздовжніх профілів доріг, що пов'язане з простотою використання цих систем. Крім того, системи GPS не створюють додаткового опору руху автомобіля, реєструють



одночасно (синхронно) дані стосовно поточної швидкості та висоти над середнім рівнем моря (моделі поверхні землі). До того ж, приймач GPS має перевагу порівняно з барометричним альтиметром, оскільки результати його вимірювань не залежать від атмосферного тиску. І є ще низка інших переваг застосування систем GPS для зазначених цілей. Проте досвід такого застосування ще недостатній і питання визначення їздових циклів та поздовжніх профілів доріг за допомогою систем GPS потребує вивчення.

Огляд літературних джерел. Типовий на сьогодні підхід до використання систем GPS при визначенні швидкості руху базується на знаходженні послідовності координат (широта та довгота), через однакові інтервали часу. По-перше, кожна така координата визначається з певною похибкою, яка є змінною величиною, через що складно теоретично оцінити похибку швидкості, визначеної “координатним” методом [1]. По-друге, визначення координат системою GPS може здійснюватись не частіше одного разу за секунду.

Мета роботи. З наведених недоліків методу можна зробити висновок, що похибка вимірювання швидкості збільшується зі зменшенням середньої швидкості руху автомобіля, і зазначений метод може мати неоднакову придатність для різних їздових циклів (міського, приміського, магістрального тощо).

Наша робота описує експеримент, мета якого полягає у порівнянні:

– результатів синхронних вимірювань комбінованого їздового циклу в місті та на автомагістралі, виконаних із застосуванням датчика швидкості, сконструйованого за принципом ефекту Холла, та із застосуванням приймача GPS;

– результатів одночасного визначення поздовжнього профілю дороги із застосуванням барометричного альтиметра та із застосуванням приймача GPS.

Основна частина

Оскільки придатність методу визначення їздового циклу із використанням системи GPS перевіряється шляхом порівняння результатів

вимірювань, отриманих за допомогою GPS із результатами вимірювань, отриманих за допомогою альтернативного засобу – датчика швидкості, важливо забезпечити максимальну вірогідність результатів вимірювання датчиком швидкості. Схема, за якою в нашій роботі проводяться ці вимірювання, зображена на **рис. 1**.

Принцип наведеної на **рис. 1** схеми вимірювання полягає у перетворенні частоти сигналу датчика швидкості, яка є прямопропорційною швидкості руху автомобіля, у напругу за допомогою інтегруючого RC-кола. Варто зазначити, що для реєстрації швидкості у часі припустимо застосовувати й інші засоби, наприклад, лічильник імпульсів. При застосуванні обраного способу вимірювання та реєстрації швидкості необхідно використовувати незалежне джерело для живлення підсилювача датчика швидкості з метою забезпечення сталої амплітуди імпульсного сигналу. Тобто, не варто підключати систему до бортової мережі автомобіля, оскільки в такому випадку вихідна (“відфільтрована”) напруга на реєстраторі буде залежати від напруги бортової мережі, яка може змінюватись. Також необхідно правильно обрати постійну часу інтегруючого RC-кола. Залежно від вимірюваних швидкостей її величина має складати $\tau=RC=3\dots 8$ с. Занизькі значення цієї величини призведуть до суттєвих пульсацій вихідної напруги при малих швидкостях руху автомобіля, зависокі – до повільної реакції системи на зміну частоти сигналу збудження, що особливо неприпустимо при різких змінах швидкості руху.

Загалом система, зображена на **рис. 1**, перетворює швидкість руху автомобіля в постійну напругу на вході реєстратора і для можливості обробки зареєстрованих даних їздового циклу необхідно знати характеристику цієї системи, тобто залежність вихідної напруги від швидкості руху. Існують методи теоретичного (розрахункового) визначення даної характеристики, але, враховуючи значну кількість факторів, таких як радіус колеса, характеристики датчика Холла, скважність та амплітуда імпульсів, постійна часу тощо, точно визначити які складно і які значно впливають на достовірність всього результату вимірювань, доцільно визначити характеристику системи експериментально.

У нашій роботі характеристика системи реєстрації швидкості отримана шляхом визначення вихідної напруги системи для десяти значень постійної швидкості руху автомобіля в діапазоні 0...120 км/год. Десять опорних значень постійної швидкості визначені за секундоміром при русі автомобіля по прямій

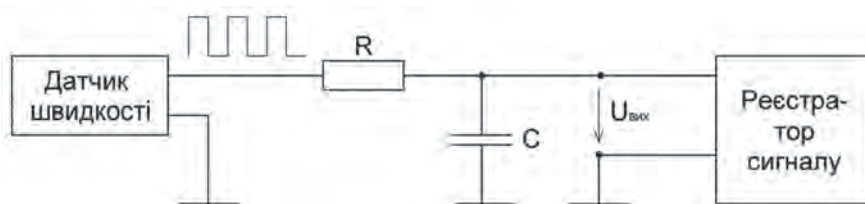


Рис. 1. Схема визначення їздового циклу із використанням датчика швидкості



ділянки шляху довжиною 5 км. Початок та кінець ділянки визначені за кілометровими знаками та за системою GPS. Різниця відстаней, визначених цими двома способами для різних опорних швидкостей становить 7...13 м. Відповідно до ГОСТ 20306-90 [2] похибка засобів вимірювань при вимірюванні шляху не повинна перевищувати 0,5%. Згідно з Правилами ЄЕК ООН №84 [3] ця похибка не повинна перевищувати 0,3%. Різниця між результатами вимірювання шляху, наведеними способами у нашій роботі, не перевищує 0,26%, отже цей результат є прийнятним. Опорні швидкості визначені на підставі середньоарифметичних значень шляху, виміряних двома наведеними способами. Вихідна напруга системи (рис. 1) виміряна осцилографом (реєстратором сигналу) Master Kit BM8020. Важливо зазначити, що цим (одним і тим самим) засобом виконані вимірювання як опорних напруг, відповідних десяти постійним швидкостям руху автомобіля, так і їздового циклу за датчиком швидкості. Отримана в такий спосіб характеристика системи (рис. 1) наведена на рис. 2.

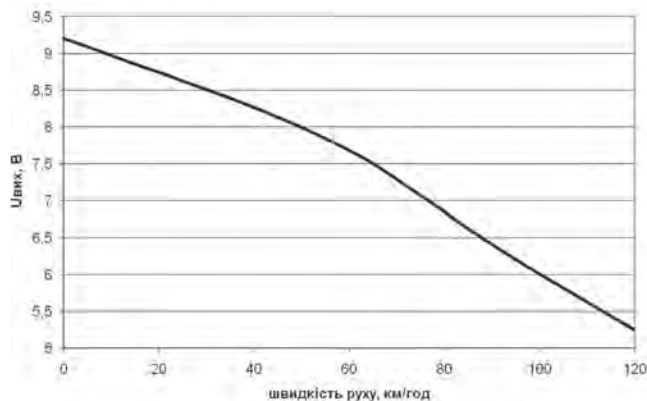


Рис. 2. Характеристика системи визначення їздового циклу із використанням датчика швидкості

Перелік та характеристики (налаштування) елементів та приладів, використаних для визначення їздового циклу та поздовжнього профілю дороги:

- Приймач GPS Garmin eTrex Vista HCx. Частота відліків швидкості – 1 відлік за секунду, заявлена виробником точність визначення позиції – <10 м з імовірністю 95%.
- Барометричний альтиметр Vista HCx/Summit HC. Точність 3 м, роздільна здатність 30 см.
- Датчик швидкості Bosch, сконструйований за принципом ефекту Холла, з підсилювачем імпульсного сигналу.
- Інтегруюче RC-коло. $R=2,5$ кОм, $C=2150$ мкФ, $\tau=5,375$ с.
- Реєстратор сигналу Master Kit BM8020. Частота відліків напруги – 3 відліки за секунду.

- Персональний комп'ютер (ноутбук).
- Секундомір.

Результати вимірювань комбінованого їздового циклу в місті та на автомагістралі, виконаних із застосуванням датчика швидкості та із застосуванням приймача GPS, наведені на рис. 3.

Відносна різниця швидкостей Δ визначена за формулою:

$$\Delta = \frac{2 \cdot |V_{GPS} - V_{дш}|}{V_{GPS} + V_{дш}} \cdot 100\%,$$

де V_{GPS} – швидкість руху автомобіля, визначена із застосуванням GPS, $V_{дш}$ – швидкість, визначена із застосуванням датчика швидкості (Холла).

Середня швидкість руху автомобіля в їздових циклах $V_{GPS}(t)$ та $V_{дш}(t)$ становить відповідно 91,8 та 92,4 км/год.

Результати вимірювань висоти поздовжнього профілю дороги над рівнем моря (моделі поверхні землі) барометричним альтиметром $H_6(s)$ та приймачем GPS $H_{GPS}(s)$ наведені на рис. 4.

Різницю висот $H_6(s)$ та $H_{GPS}(s)$ позначимо δ (рис. 4).

$$\delta = |H_{GPS} - H_6|.$$

Висновки

Проведені дослідження показали, що застосування систем GPS для цілей вимірювання параметрів їздових циклів “координатним” методом є більш придатним для магістральних їздових циклів, які є характерними для перевезень у міжміських та міжнародних сполученнях. З рис. 3 видно, що для вирішення поставленого завдання в умовах міста варто застосовувати альтернативні засоби вимірювань з більшою частотою реєстрації відліків швидкості. Це спричинено частою зміною швидкості руху в умовах міста. Окремі викиди на діаграмі Δ зумовлені різною частотою засобів вимірювань.

В умовах магістрального їздового циклу використання засобів GPS є прийнятним. Частота відліків швидкості (1 раз за секунду) та інші характеристики приладів GPS дають змогу отримувати дані для побудови достовірних їздових циклів. Відносна різниця середніх швидкостей їздових циклів $V_{GPS}(t)$ та $V_{дш}(t)$ становить 0,6%.

Результати вимірювань висот точок поздовжнього профілю дороги є основними вихідними даними для визначення величин ухилів ділянок маршруту, що застосовуються в роботі імітаційної комп'ютерної моделі [4, 5]. Максимальна відносна різниця значень ухилів, отриманих на підставі діаграм H_6 та H_{GPS} складає 0,2%.

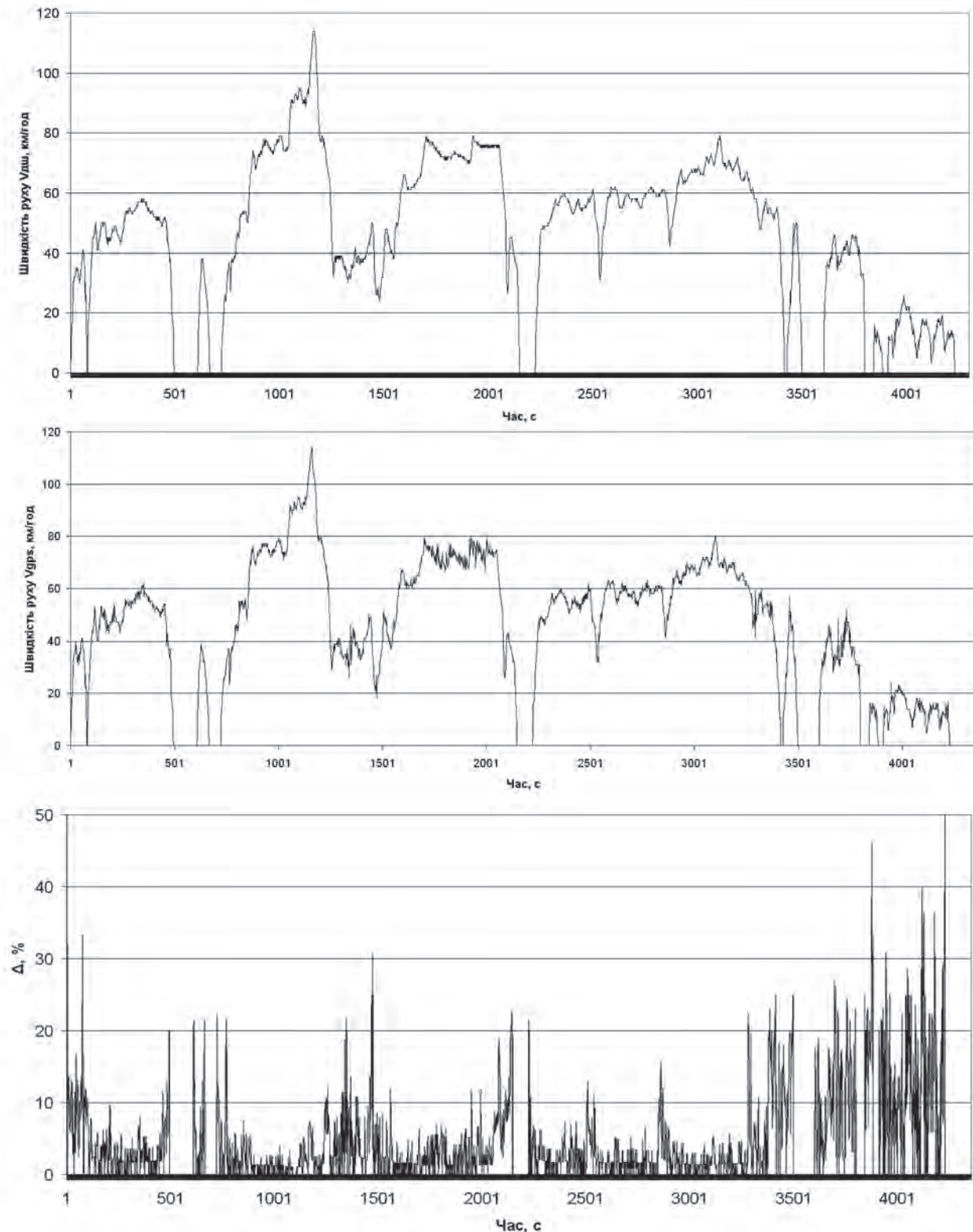


Рис. 3. Швидкості руху V_{DSh} , V_{GPS} , відносна різниця швидкостей Δ

Подальший розвиток. Альтернативою вимірюванню швидкості за послідовними координатами маршруту є використання приймачів систем GPS, адаптованих для неперервного визначення

швидкості з використанням ефекту Доплера. Теоретично такий метод є більш точним, і він придатний для визначення їздових циклів для будь-яких режимів руху, зокрема в умовах міста [1].

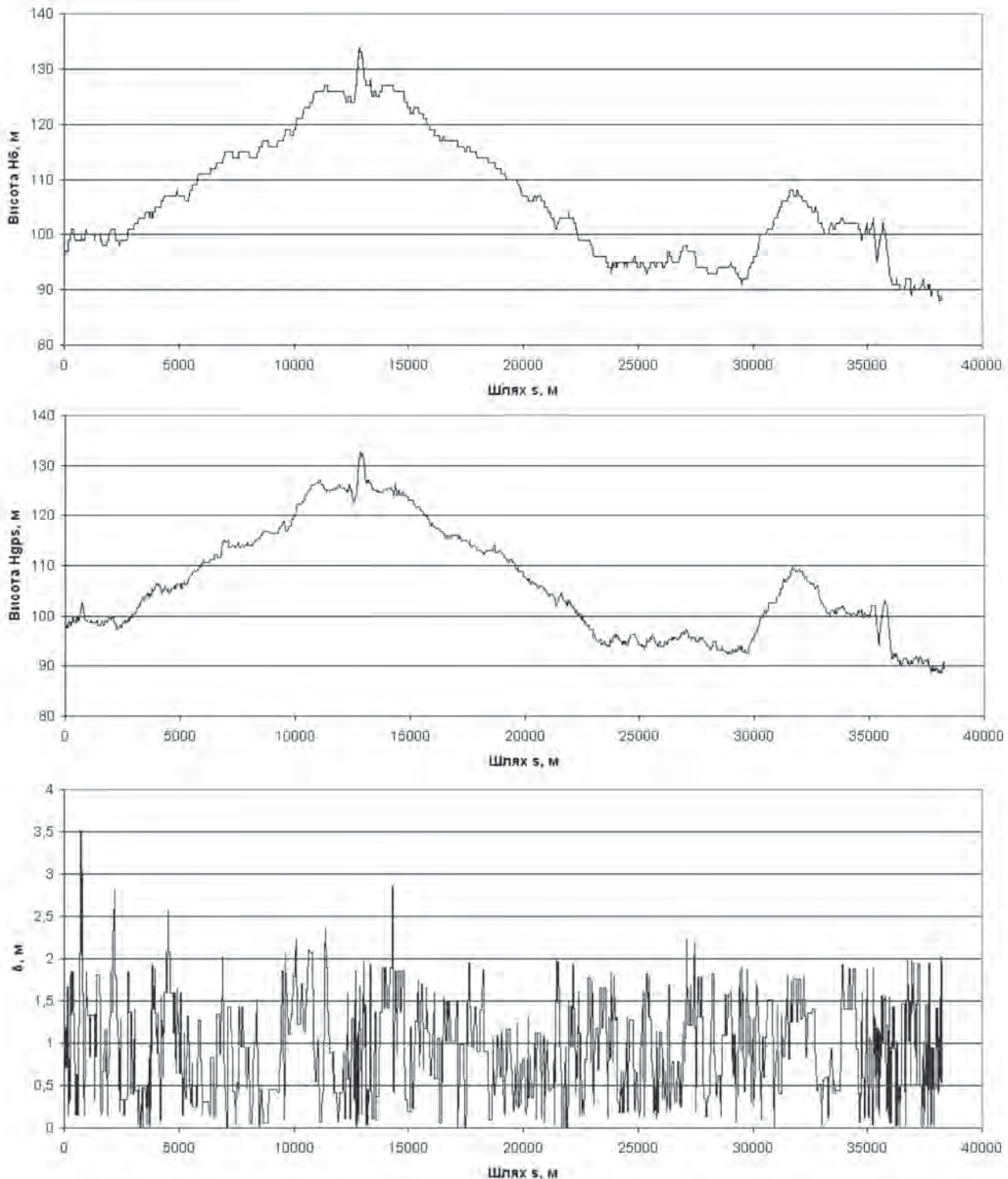


Рис. 4. Висоти H_{δ} , H_{GPS} , різниця висот δ

ЛІТЕРАТУРА

1. Tom J. Chalko. High accuracy speed measurement using GPS (Global Positioning System) //www.nujournal.net
2. ГОСТ 20306-90. Автотранспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний.
3. Правила ЕЭК ООН №84 “Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения дорожных транспортных средств, оборудованных

двигателем внутреннего сгорания, в отношении измерения потребления топлива”.

4. Порівняльний аналіз та оптимізація конструкцій тягачів триланкових автопоїздів / В.П. Сахно, К.С. Жаров // Автошляховик України. Окремий випуск. Вісник Центрального наукового центру Транспортної академії України – 2008. – №11. – С. 125-134.

5. До вибору типу автомобіля-тягача триланкового автопоїзда за показниками паливної економічності / Жаров К.С. // Автошляховик України. – 2008. – №4(204). – С. 17-21.