

УДК 629.113

**О.М.Тімков, О.С.Іванов, Д.М.Ященко, А.П.Луцик**  
**Національний транспортний університет**  
**ДО РОЗРАХУНКУ ДОРОЖНІХ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО МАРШРУТУ РУХУ**  
**АВТОМОБІЛЯ**

*На основі даних географічних координат експлуатаційного маршруту руху автомобіля запропонована методика обчислення дорожніх умов, що характеризуються профілем та планом дороги, рельєфом місцевості та режимом руху.*

**Ключові слова:** дорожні умови, маршрут руху, автомобіль, розрахунки, їздовий цикл.

*Рис 7. Літ 10.*

**А.Н.Тимков, А.С.Иванов, Д.Н.Ященко, А.П.Луцик**  
**О РАСЧЕТЕ ДОРОЖНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО МАРШРУТА**  
**ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ.**

*На основании данных географических координат эксплуатационного маршрута движения автомобиля предложена методика расчета дорожных условий, а именно: профиля и плана дороги, рельефа местности и режима движения.*

**Ключевые слова:** дорожные условия, маршрут движения, автомобиль, расчеты, ездовой цикл.

**A.Timkov, A.Ivanov, D.Yaschenko, A.Lutsyk**  
**CALCULATION OF ROAD CONDITION OF AN OPERATIONAL ROUTE OF**  
**MOVEMENT OF THE CAR**

*Existing analytical dependence of the equation traction balance of the vehicle, in the majority, rather formalized and do not consider the actual road conditions when calculating traction-speed properties and fuel economy. Based on the data of geographical coordinates operational route of the vehicle the technique of calculation of such elements road conditions as: profile and plan roads, terrain, and driving mode.*

*The analysis of approaches to definition of speed of movement of a vehicle in various road conditions is carried out and recommendations about its analytical definitions are developed. In work is offered the approach to definition of road conditions of operation of the car. The account of real conditions of operation, namely, road conditions and performance of the further calculations by means of the equation of traction balance of the car, will allow to create a design of automobile with such technical decisions which will provide the greatest economic benefit at its introduction. Further the technique will be used at definition traction-speed properties and fuel profitability of the car with a hybrid power-plant in conditions of an operational route of movement in Kyiv.*

*Real conditions of operation are defined by a considerable quantity of parameters and factors, unequally influence automobile work. Generally the combination of factors is casual, therefore it is necessary to consider these processes as stochastic and to consider movement of the car by means of the determined laws in casual conditions.*

**Keywords:** road conditions, traffic route, vehicle, calculations, driving cycle.

**Постановка проблеми.**

Практика експлуатації АТЗ свідчить про те, що основними факторами, які визначають експлуатаційні властивості є стан дороги і режими роботи силової установки. З огляду на сучасні можливості теорії автомобілів, теорії оптимізація та з використанням сучасних обчислювальних засобів можливо більш точно визначення експлуатаційних властивостей АТЗ з врахуванням даних дорожніх умов експлуатаційного маршруту руху.

Неможливо створити конструкцію АТЗ з настільки широким діапазоном оптимальних значень параметрів, наскільки різноманітні експлуатаційні умови. Тому, при проектуванні обмежуються декількома варіантами технічних рішень, що забезпечує найбільший економічний ефект при впровадженні. Найбільший економічний ефект буде в тому випадку, коли будуть враховані всі реальні умови експлуатації автомобіля. Така задача є надзвичайно складною.

Реальні умови експлуатації визначаються великою кількістю параметрів та чинників, що неоднаково впливають на роботу автомобіля. В загальному випадку поєднання чинників є випадковим, тому слід розглядати ці процеси як стохастичні і розглядати рух автомобіля за допомогою детермінованих законів у випадкових умовах. Основним показником умов експлуатації є дорожні умови. Взагалі вони визначаються елементами профілю та плану, рельєфом місцевості, видом та рівністю покриття та режимами руху.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Проблемою щодо вибору їздових циклів займалися Гащук Л.Н., Гутаревич Ю.Ф., Сахно В.П., Brundell-Freij К., Ericsson Е. та інші вітчизняні і закордонні вчені. У роботах цих дослідників досить глибоко вивчені питання щодо вибору та застосування їздових циклів, котрі як найкраще

**©О.М.Тімков, О.С.Іванов, Д.М.Ященко, А.П.Луцик**

імітують реальні умови експлуатації транспортних засобів в залежності від експлуатаційних факторів (дорожніх умов, режимів руху та ін.) [2 – 5].

Для оцінки паливної економічності автомобілів дуже часто використовують так звані їздові цикли, в основі яких покладені данні реальних експлуатаційних програм руху автомобілів по магістралям та містам. Цикли строго регламентують характер роботи автомобіля при проведенні тестових випробувань. Найбільш складними є цикли що імітують міський рух [1]. Визначенням їздових циклів та поздовжніх профілів доріг проводилось в роботах [6, 8].

Їздові цикли використовують також для оцінки токсичного впливу автомобіля на навколишнє середовище [4]. Іноді з цією метою синтезують спеціальні цикли, незважаючи на те, що токсичність та паливна економічність взаємопов'язані та взаємообумовлені.

Протягом часу внаслідок багатьох обставин умови експлуатації АТЗ суттєво змінюються. Тому, типові їздові цикли рано чи пізно втрачають свою репрезентативність. Внаслідок цього виникають ускладнення при порівнянні рівня досконалості АТЗ, що мають різні роки випуску. Найбільшу складність викликає порівняння енергоефективності АТЗ з комбіновано енергетичною установкою, кількість яких сьогодні на дорогах постійно зростає.

#### **Мета дослідження.**

Розробка методики яка дозволяє на основі експлуатаційного маршруту руху автомобіля отримати данні про реальні дорожні умови. А саме, елементи профілю та плану, рельєфу місцевості, виду та рівності дорожнього покриття, режимів руху тощо.

#### **Основні результати дослідження.**

При експертному оцінюванні властивостей автомобілів, особливо з комбінованою силовою установкою, слід надавати перевагу параметрам, які найбільш відповідають реальним умовам експлуатації АТЗ – їздовим циклам та/або експлуатаційним маршрутам.

З метою визначення експлуатаційних режимів руху, було проведено визначення реальної інтенсивності руху в умовах м. Києва (Рис. 1). Маршрут, передбачає рух частиною міста із щільною забудовою та швидкісними ділянками міських доріг, що є характерним для більшості районів міста. На маршруті є регульовані та нерегульовані перехрестя, пішохідні переходи тощо.



Рис. 1. Експлуатаційний маршрут руху автомобіля у м.Києві

Для визначення показників тягово-швидкісних властивостей автомобілів було використано вимірювально-реєструючий прилад з функцією відеозапису TEXET DVR-3GP (Рис. 2) виробництва ЗАО «Электронные системы «Алкотел» (Росія), за допомогою якого вимірювались: поточні координати, швидкість, прискорення, шлях і час руху.

Даний пристрій складається з вимірювально-записуючої частини та знімного GPS-приймача. Вимірювально-записуюча частина (Рис. 2, а) базується на основі електронно-обчислювальної апаратури з мікропроцесором Ambarella A2S60, внутрішньою пам'яттю для зберігання зібраної інформації, вбудованим 3-х осьовим датчиком прискорення (G-sensor), що синхронізує дані з GPS та відеореєструючої апаратури, необхідної для запису потокового відео.

Друга частина – знімний 30 каналний GPS приймач SiRF Star III (Рис. 2, б), з технологією TTFX (Time to First Fix), яка забезпечує більш точне і надійне позиціонування при слабкому сигналі супутників. Даний GPS приймач характеризується високою точністю і чутливістю, адже маючи 30

незалежних каналів дозволяє обробляти одночасно сигнали всіх видимих GPS- та WAAS- супутників одночасно.

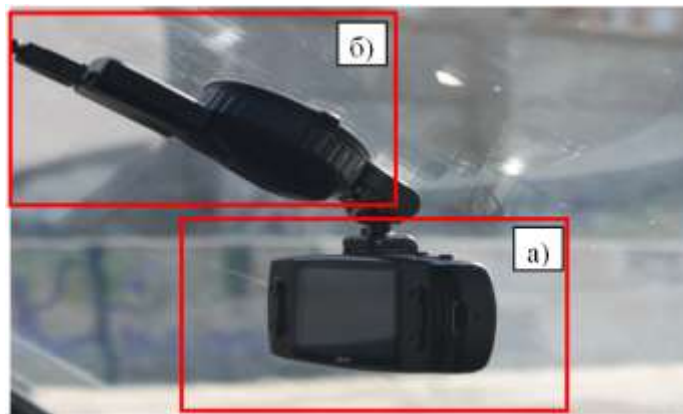


Рис. 2. Складові частини вимірювально-реєструючого приладу TEXET DVR-3GP:  
а) вимірювально-записуюча частина; б) знімний GPS-приймач;

Робота приладу базується на визначенні координат положення автомобіля у реальному часі шляхом прийому сигналу від супутників GPS. У подальшому дані оброблюються мікропроцесором приладу і визначаються швидкість руху та пройдений шлях. Прилад також реєструє час від початку до кінця руху автомобіля, причому для підвищення точності синхронізує його з даними супутників.

Всі визначені параметри записуються у пам'ять приладу і далі можуть використовуватися для обробки та аналізу.

Під час проведення дорожніх випробувань проводилося тарування приладу TEXET DVR-3GP шляхом порівняння величини відстані між розміченими ділянками на дорозі та данини вимірювань приладу. Встановлено, що прилад дозволяє проводити вимірювання з високою точністю, адже похибка не перевищувала 2 м на 200 м шляху, що складає 1 %.

Перш за все треба визначити кординати точок маршрута, за яким їде автомобіль. Це можливо зробити за допомогою програмного забезпечення Google Earthe проклавши цей маршрут на мапі, однак в цьому випадку буде невідома реальна швидкість руху в заданих умовах.

За допомогою GPS навігатора-відеореєстратора TEXET DVR-3GP був записаний не тільки маршрут руху автомобіля у вигляді значень кординат широти та довготи в кожній точці маршруту в файл формату KML, а також відомості про швидкість та прискорення по осях автомобіля. Є можливість експорту даних у формат електронної таблиці із збереженням даних про швидкість, прискорення та час. Залежність швидкості від часу в умовах експлуатаційного маршруту руху в м. Києві наведено на рис. 3.

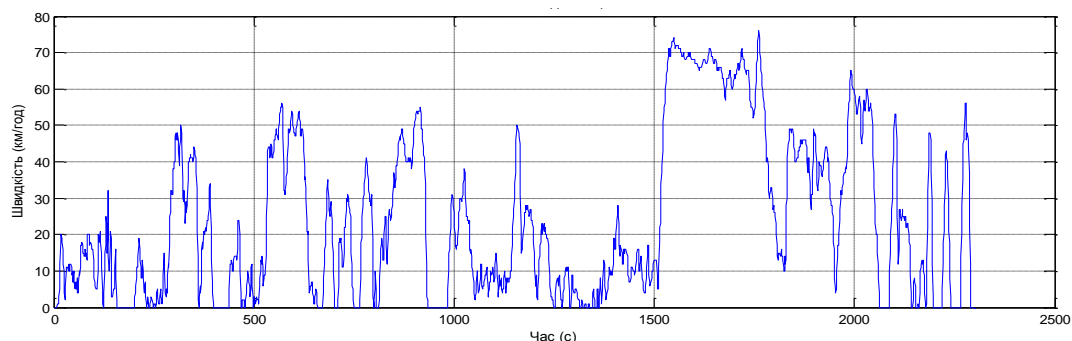


Рис. 3. Залежність швидкості від часу в умовах експлуатаційного маршруту руху в м. Києві

Для розрахунку рельєфу використовується програмне забезпечення «Расчет рельефа заданного пути», інтерфейс програми показаний на рис. 4. Дане програмне забезпечення призначене для розрахунку рельєфу шляху на поверхні Землі. Під рельєфом розуміють

функціональну залежність висоти над рівнем світового океану від шляху, представленого у вигляді послідовності географічних точок. Координати географічних точок задані довготою і широтою. Для розрахунку висоти використовується сервіс Google Elevation APIX [9].

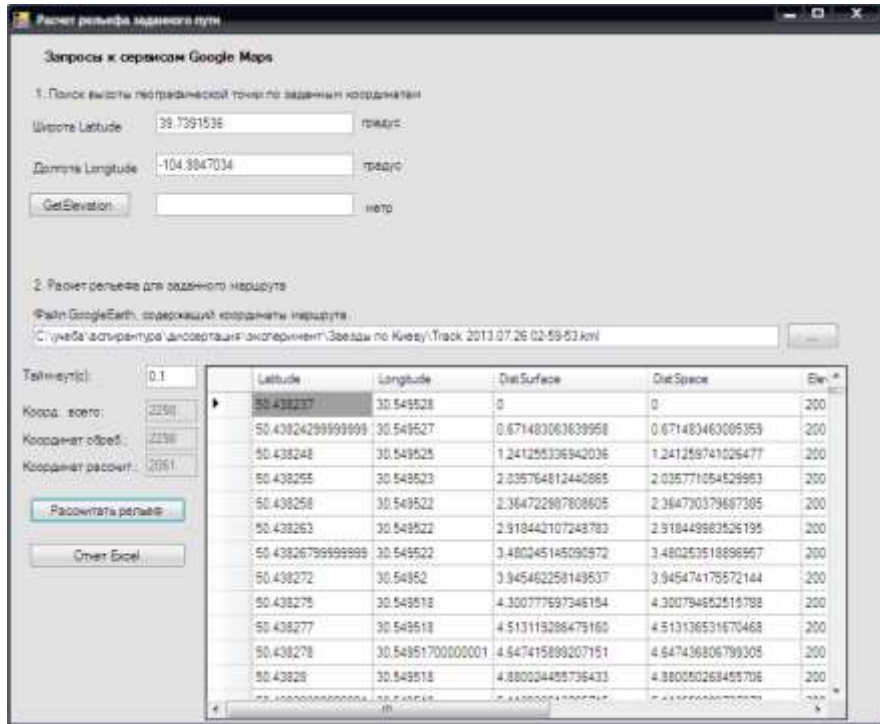


Рис. 4. Інтерфейс програми «Расчет рельефа заданного пути»

Порядок роботи алгоритму наступний:

1. Одержують вихідні данні для розрахунку у вигляді KML-файлу, що містить інформацію про маршрут руху у вигляді послідовності географічних точок [10].
2. При обробці KML-файлу виділяємо інформацію про координати і отримуємо матрицю, що містить послідовність географічних точок, представленими координатами (Latitude і Longitude).
3. Для кожної географічної точки, посылаючи запити до сервісу Google Elevation API, отримуємо висоту над рівнем океану (Elevation). Для дотримання правил користування сервісу, використовуємо параметр «Тайм-аут», визначає інтервал часу між двома послідовними запитами. На рис. 5 наведено данні про висоту точок експлуатаційного маршруту руху в м. Києві.

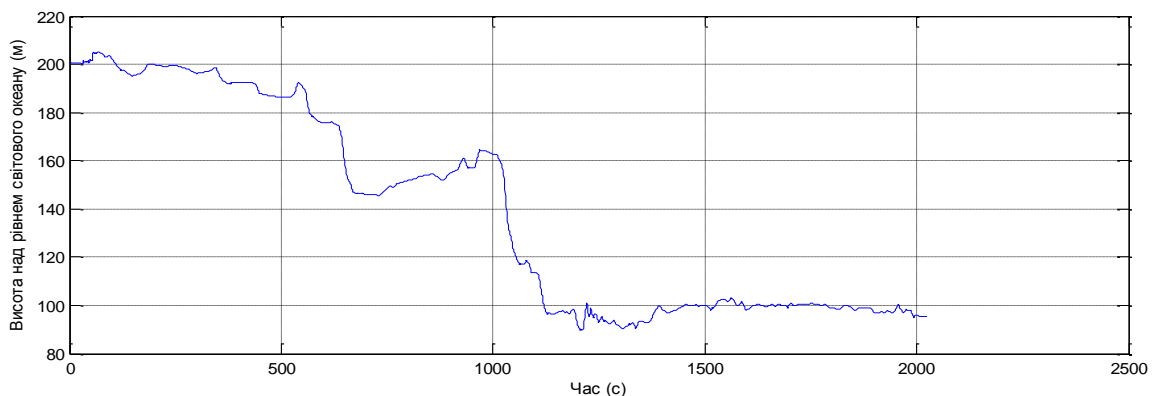


Рис. 5. Зміна висоти точок експлуатаційного маршруту руху в м. Києві

4. Визначення додаткових даних:

- відстань від початку шляху по поверхні (DistSurface). При цьому, відстань між двома двома географічеськіми точками обчислюється з використання формули розрахунку відстані між двома точками на сфері [7].
- відстань від початку шляху в просторі DistSpace (з урахуванням рельєфу);
- кут нахилу до поверхні землі в радіанах AngleRadian;
- кут нахилу до поверхні землі в градусах AngleDegree.

$$L = R * \arccos(\sin\theta_1 * \sin\theta_2 + \cos\theta_1 * \cos(\phi_1 - \phi_2)) \quad (1)$$

де  $\theta_1$  і  $\theta_2$  – широта,  $\phi_1$  і  $\phi_2$  – довгота;  
 $R$  – радіус кулі.

По закінченню розрахунку в інформаційні вікна виводяться результати розрахунків та відомості про кількість заданих і оброблених координатах. Інформація представлена у вигляді наступних полів:

- Latitude - широта географічної точки;
- Longitude - довгота географічної точки;
- DistSurface - відстань від початкової точки по поверхні (без урахування рельєфу)
- відстань від початку шляху в просторі - DistSpace (з урахуванням рельєфу);
- кут нахилу до поверхні землі в радіанах – AngleRadian;
- кут нахилу до поверхні землі в градусах – AngleDegree.

Підставляємо значення координат точок маршруту обчислюємо значення кута нахилу дорожнього покриття – AngleDegree. Для розрахунку кута нахилу в середовищі Simulink, реалізована функція (Рис. 6).

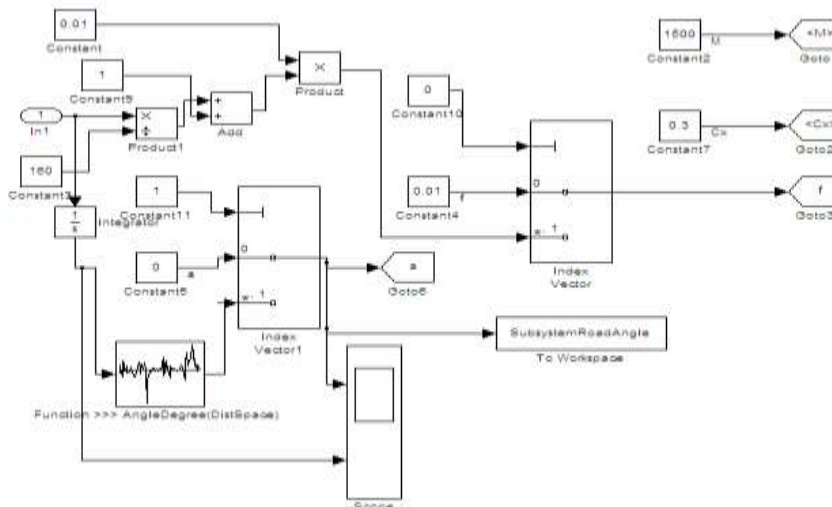


Рис. 6. Вираз для обчислення значень AngleDegree в середовищі Simulink

Обчислені значення кута нахилу дорожньої поверхні для умов експлуатаційного маршруту руху в м. Києві неведені у вигляді графіка на рис. 7.

**Висновки та перспективи подальших розробок.**

Проведено аналіз підходів до визначення швидкості руху транспортного засобу у різних дорожніх умовах та розроблені рекомендації щодо її аналітичного визначення. В роботі запропоновано підхід до визначення дорожніх умов експлуатації автомобіля.

Аналіз даних проведених дорожніх випробувань експлуатаційного маршруту руху в м. Києві для реальних умов експлуатації показує що: довжина маршруту становить – 15.4 км, максимальна швидкість складає – 76 км/год, середня швидкість – 24.25 км/год, максимальне прискорення – 2.4 м/с<sup>2</sup>.

Врахування реальних умов експлуатації, а саме, дорожніх умов та виконання подальших розрахунків за допомогою рівняння тягового балансу автомобіля, дозволить створити

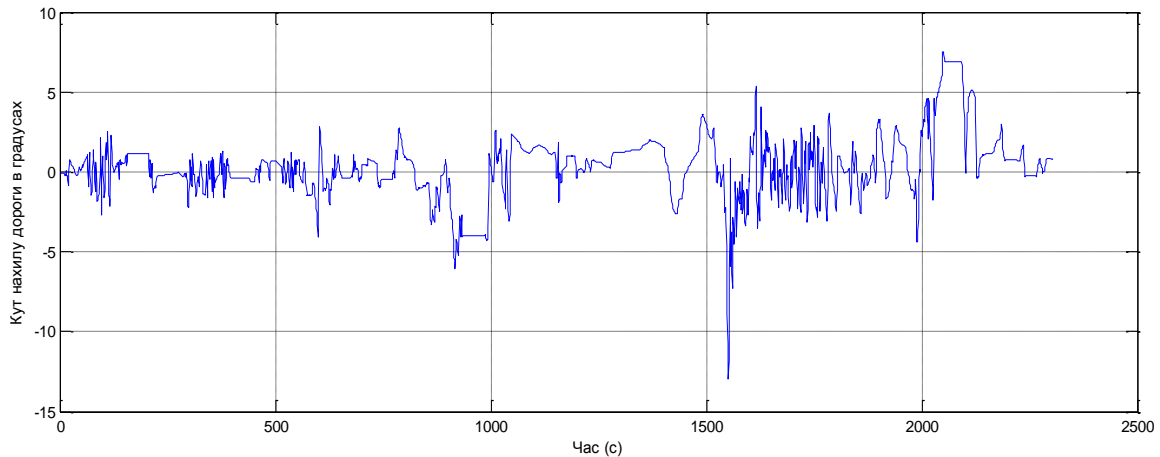


Рис. 7. Зміна кута нахилу дорожнього покриття для умов експлуатаційного маршруту руху в м. Києві

конструкцію АТЗ з такими технічними рішеннями які забезпечать найбільший економічний ефект при його впровадженні.

В подальшому запропонована методика буде використана при визначенні тягово-швидкісних властивостей та паливної економічності автомобіля з гібридною силовою установкою в умовах експлуатаційного маршруту руху в м. Києві.

1. Автотранспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний: ГОСТ 20306 – 90. – [введен с 01.01.1992]. – М.: Изд-во стандартов, – 1991. – 34 с.
2. Brundell-Freij K. and Ericsson E. Influence of street characteristics, driver category and car performance on urban driving patterns, Transportation Research D 10 (2005).– 15 p.
3. Гащук Л.Н. Энергетическая эффективность автомобиля – Львов: Світ, 1992. – 208 с.
4. Гутаревич Ю.Ф. Снижение вредных выбросов автомобиля в условиях эксплуатации. – К: Вища шк., 1991. – 179 с.
5. Сахно В. П. До визначення середньої швидкості руху автомобіля при зміні потужності двигуна в широких межах / В. П. Сахно, С. М. Шарай, О. А. Корпач // Вісник СевНТУ : зб. наук. пр. / Севастоп. нац. техн. ун-т. - Севастополь : Вид-во Севастоп. нац. техн. ун-ту, 2012. – Вип. 134: Машиноприладобудування та транспорт. – С. 48 – 51 : табл. - Бібліогр. наприкінці ст. (3).
6. Тімков О.М. Аналіз їздових циклів для гібридного автомобіля / Тімков О.М./ Безпека дорожнього руху: правові та організаційні аспекти: Матеріали шостої науково-практичної конференції : Зб.наук. праць / ДІАТ. – Донецьк: ЛАНДОН-XXI, 2011. – С. 261–265.
7. Кухлинг Х. Справочник по физике: Пер. с нем. 2-е изд. / Х. Кухлинг - М.: Мир, 1985. - 250 с., ил.
8. Сахно В. П. До визначення їздових циклів та поздовжніх профілів доріг / Сахно В.П., Жаров К.С. // Автошляховик України. Науково-виробничий журнал. – Київ, 2012. – Автомобільний транспорт. – №1 (225). – С. 7 – 11.
9. Веб-службы API Google Карт. API высотных данных Google [Електронний ресурс] : Режим доступу : <https://developers.google.com/maps/documentation/elevation/?hl=ru>
10. Содержание и структура файла KML [Електронний ресурс] : Режим доступу : <http://ru.wikipedia.org/wiki/KMZ>

Стаття надійшла до редакції 11.04.2014