

УДК 621.396.98:629.783.187

**В.П. Харченко, В.В. Конін, О.С. Погурельський, О.П. Сушич**

*Національний авіаційний університет, Київ, Україна*

## **СУПУТНИКОВА РАДІОНАВІГАЦІЯ, МОНІТОРИНГ РАДІОНАВІГАЦІЙНОГО ПОЛЯ, ГЕОМЕТРИЧНИЙ ФАКТОР**

Доповідь про проміжні результати експерименту по моніторингу радіонавігаційного поля супутникових систем GPS і EGNOS, Національного авіаційного університету, що проводиться лабораторією супутникових навігаційних систем. Наведено опис найбільш характерних короткочасних погіршень навігаційних характеристик, що вимагають подальшого дослідження.

**супутникова радіонавігація, моніторинг, радіонавігаційне поле**

### **Моніторинг супутникових систем GPS та EGNOS**

З метою забезпечення моніторингу глобальних навігаційних супутникових систем (МГНСС) та здійснення контролю над використанням їх інформації в інтересах держави, Кабінет Міністрів України в квітні 2003 року постановив прийняти пропозицію Національного космічного агентства та Національної академії наук про створення державної мережі МГНСС, до якої входять розташовані на території України пункти спостереження, що належать сфері управління Національного космічного агентства, Національної академії наук та Міністерства освіти і науки України.

Головним завданням даної мережі є збір, обробка та доведення інформації глобальних навігаційних супутникових систем до спеціалізованих служб України під час проведення ними робіт з базового координатно-часового забезпечення держави, а також задовільнення потреб інших користувачів цих систем у підвищенні точності визначення місцезнаходження.

З 2003 року на кафедрі аеронавігаційних систем Національного авіаційного університету функціонує лабораторія супутникових навігаційних

систем. Обладнання лабораторії дозволяє проводити прийом, запис та обробку сигналів існуючих глобальних супутникових навігаційних систем та їх доповнень. Прийом супутникових сигналів здійснюється встановленою на даху GPS-антеною. Розташування будівлі на місцевості та висота встановлення антени дозволяють припустити, що вплив такого фактору як обмеженість кута спостереження в межах міста мінімальний. Програмно-апаратне обладнання лабораторії призначене для забезпечення реєстрації та накопичення даних супутникових навігаційних систем в процесі прийому, обробки (постобробки) та аналізу отриманих результатів. До його складу входить:

- приймач ProPak G-2;
- програма NovAtel OEM GPSolution;
- антена GPS-600;
- оригінальне програмне забезпечення кафедри аеронавігаційних систем.

Схема підключення приймального обладнання та загальний вигляд станції представлені на рис. 1 та 2.

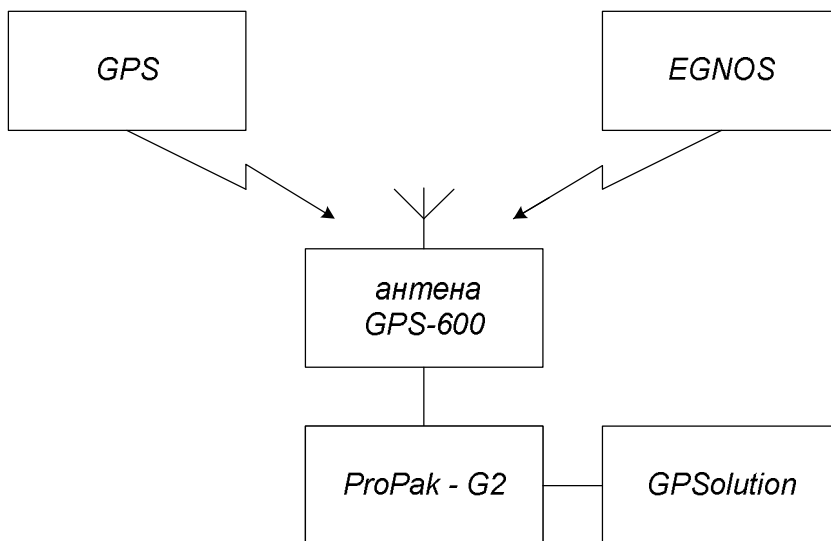


Рис. 1. Схема підключення приймального обладнання

Програмно-апаратне обладнання лабораторії в процесі роботи дозволяє фіксувати великий вибір вихідних навігаційних та службових даних, зокрема:

- 1) кількість видимих апаратурую навігаційних космічних апаратів (НКА);
- 2) координати;
- 3) геометричні фактори (PDOP, HDOP, VDOP, TDOP);
- 4) номери видимих НКА;
- 5) ефемериди супутників;
- 6) співвідношення сигнал/шум, азимут та кут місця видимих НКА;
- 7) спеціальні повідомлення у форматах RTSM, RTSA.



Рис. 2. Загальний вигляд станції

Крім того, спеціальне вікно програми GPSolution – PlanWindow (рис. 3) відтворює візуальну просторово-плоску діаграму, що дозволяє оцінити “геометрію” відхилення точки місцевизначення навігаційного приймача в поточний момент часу відносно деякої “еталонної” точки. Значення “еталонної” точки розташування антени отримано заздалегіть та введено до початкових даних програми. На діаграмі “еталонна” точка відповідає початку координат, а кожна наступна, отримана внаслідок нового вимірювання позначається червоним хрестиком біля неї на відстані та у напрямі що відповідають числовим значенням відхилення. Таким чином у PlanWindow “накоплюються” відмітки усіх визначень місцеположення від початку роботи.

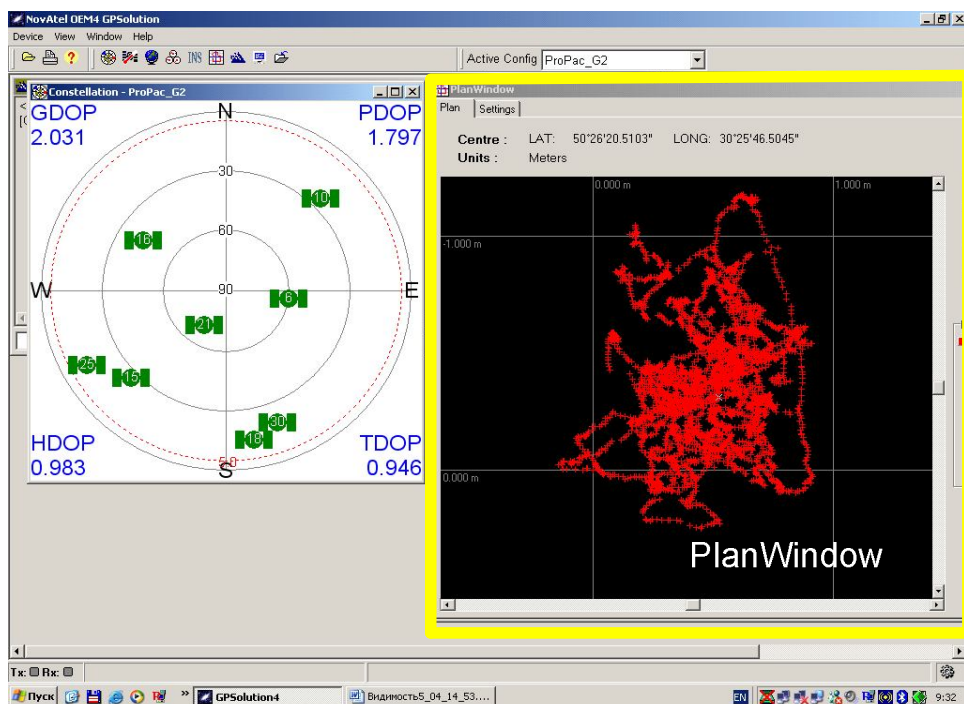


Рис. 3. Вигляд вікна-діаграми PlanWindow

З вересня 2004 року на приймальному обладнанні лабораторії супутникової навігації було розпочато регулярний моніторинг супутникових систем GPS та поправок EGNOS. В ході регулярних спостережень найбільші відхилення параметрів точності місцевизначення виникали під час наступних ситуацій:

- одночасний вихід із зони видимості приймача одного навігаційного супутника і вхід до неї іншого;
- момент прийому приймачем EGNOS поправки;
- несприятливе розташування НКА на небесній сфері;
- безпричинні короткотривалі відмови супутників.

Зазначені ситуації та значення навігаційних параметрів під час них фіксувалися і потребують окремого аналізу. Найбільш виразливі попередні ситуації приведені на наступних рисунках.

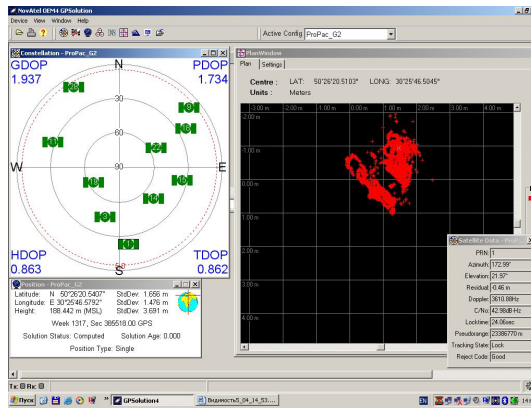


Рис. 4. Стандартне вікно роботи програми GPSolution

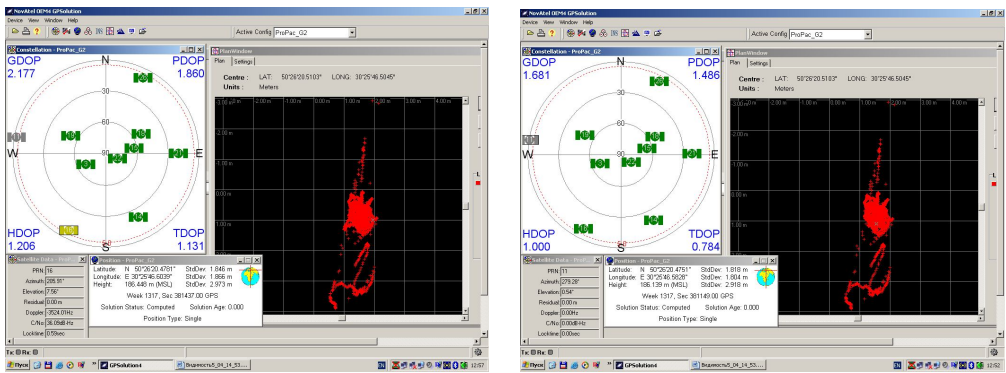


Рис. 5. Миттєве погіршення значень геометричних факторів у зв'язку з виходом із зони видимості супутника № 16

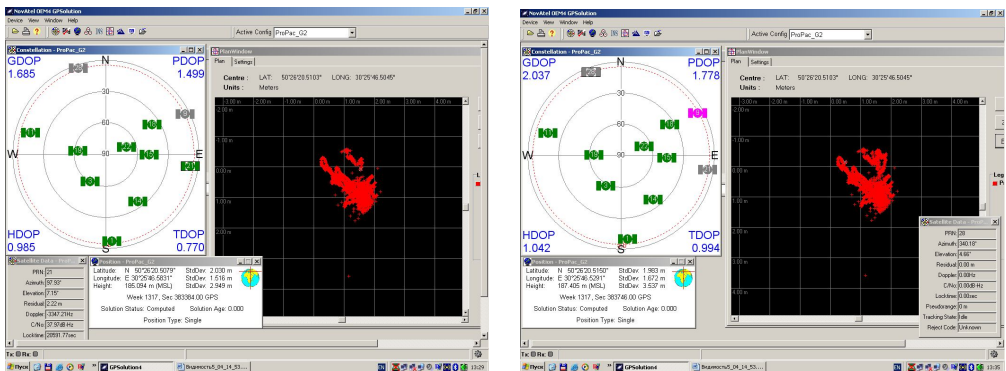


Рис. 6. Одночасний вихід із зони видимості супутників № 28, № 21 та вхід № 9

Наведені на рис. 5 та 6 результати спостережень засвідчуюють можливість миттєвого погіршення значень геометричних факторів під час виходу із зони видимості навігаційних супутників і (або) вході до неї інших. Зафіксовані межі погіршення склали наступні значення:

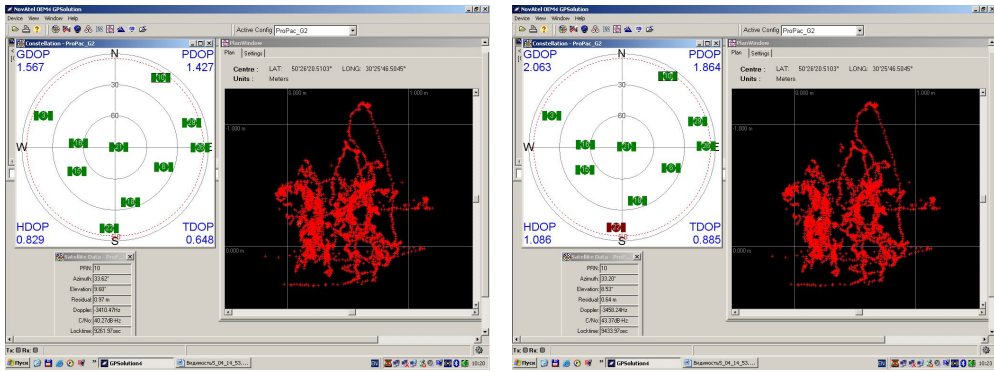
- GDOP: зі значення 1.6 до значення 2.4;
- PDOP: зі значення 1.4 до значення 1.9;
- HDOP: зі значення 0.85 до значення 1.2;
- TDOP: зі значення 0.6 до значення 1.1.

В цей самий момент спостерігається стрибок миттєвого відхилення поточного значення місцевизначення від значення „еталонної” точки прив’язки антени: а) супутника № 22; б) супутника № 16.

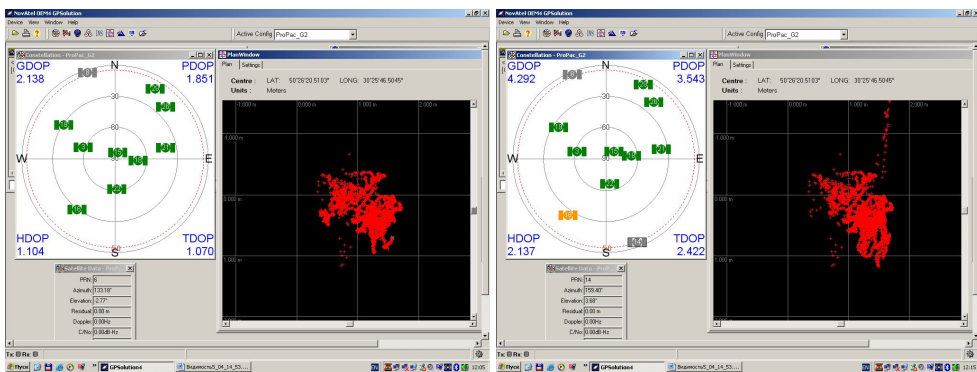
Для ситуацій безпричинних короткотривалих відмов необхідно відмітити, що незважаючи на існуючий запас навігаційних супутників відмова хоча б одного призводить до короткотривалого збільшення похибки визначення місцеположення.

В моменти пошуку та прийняття поправок від супутників EGNOS (рис. 8) спостерігається певне збільшення значень геометричних факторів, але при подальшій роботі приймача накопичена статистика відхилень місцевизначення демонструє більш щільне розташування відхилень (рис. 9), тобто наявний позитивний вплив EGNOS-корекцій на роботу супутникової системи GPS. Втім, необхідно відзначити, що на даний час супутники системи EGNOS працюють у тестовому режимі, через що дані висновки не є остаточними і потребують подальшого моніторингу.

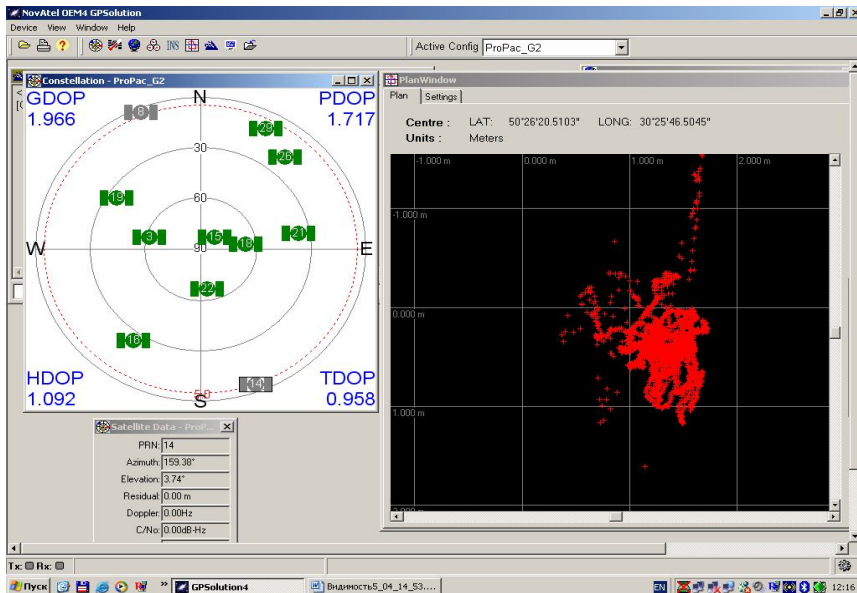
Сучасний стан орбітального угруповування GPS забезпечує на місці географічного розташування України постійну видимість не менше 6 супутників. Під час проведення моніторингу ця статистика підтвердилась. Періодична виникала протилежна ситуація – до кута видимості використовуемого приймача одночасно потрапляла кількість навігаційних супутників систем GPS та EGNOS, що перевищує передбачену у ній кількість робочих каналів. На рис.10 приведено ситуацію роботи приймача з використанням усіх 13 каналів. Звичайно, надлишковість навігаційної інформації зумовлювала відмінні значення навігаційних характеристик і мінімальні значення відхилення поточного місцевизначення. Необхідно зазначити, що приведена ситуація є короткотривалою.



а



б



В

Рис. 7. Ситуації безпричинних короткотривалих відмов супутників

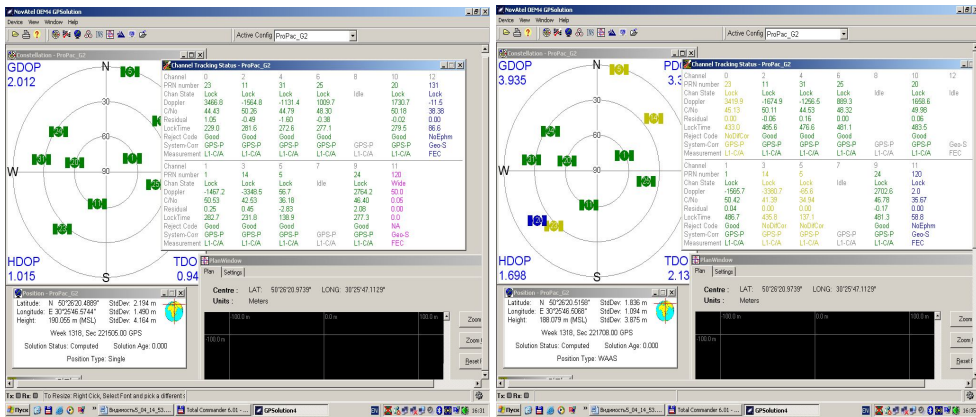


Рис. 8. Знаходження EGNOS та внесення корекцій

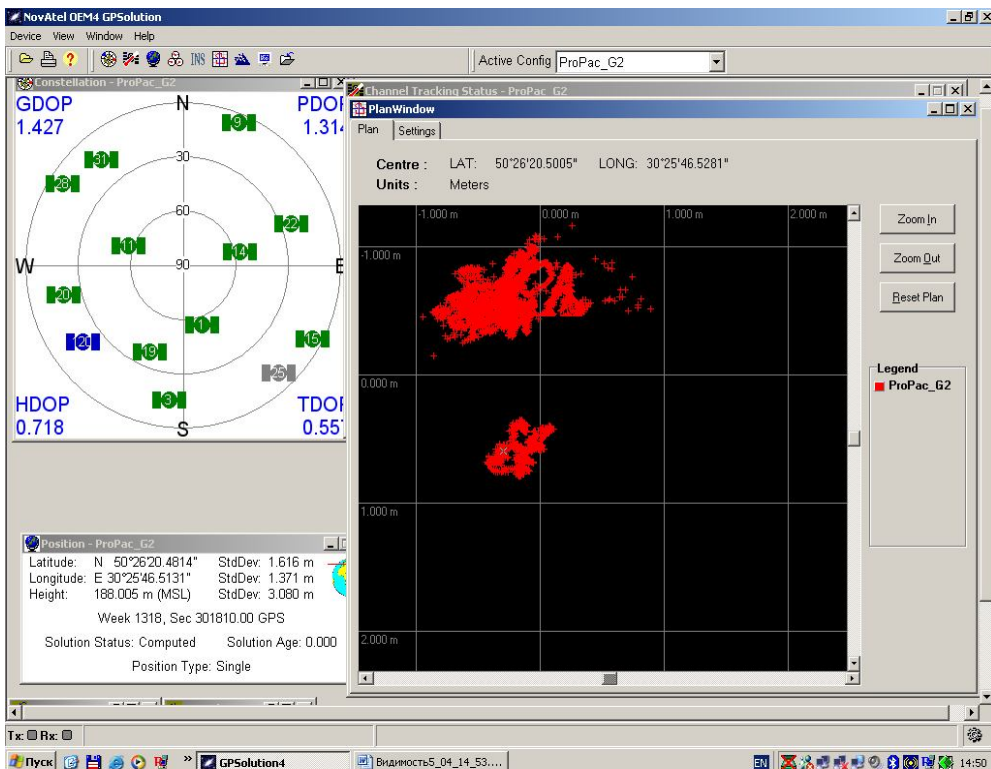


Рис. 9. Порівняння накопичених відхилень при роботі лише супутників GPS (верхня частина похибок) та з врахуванням EGNOS-поправок (в середині PlanWindow)



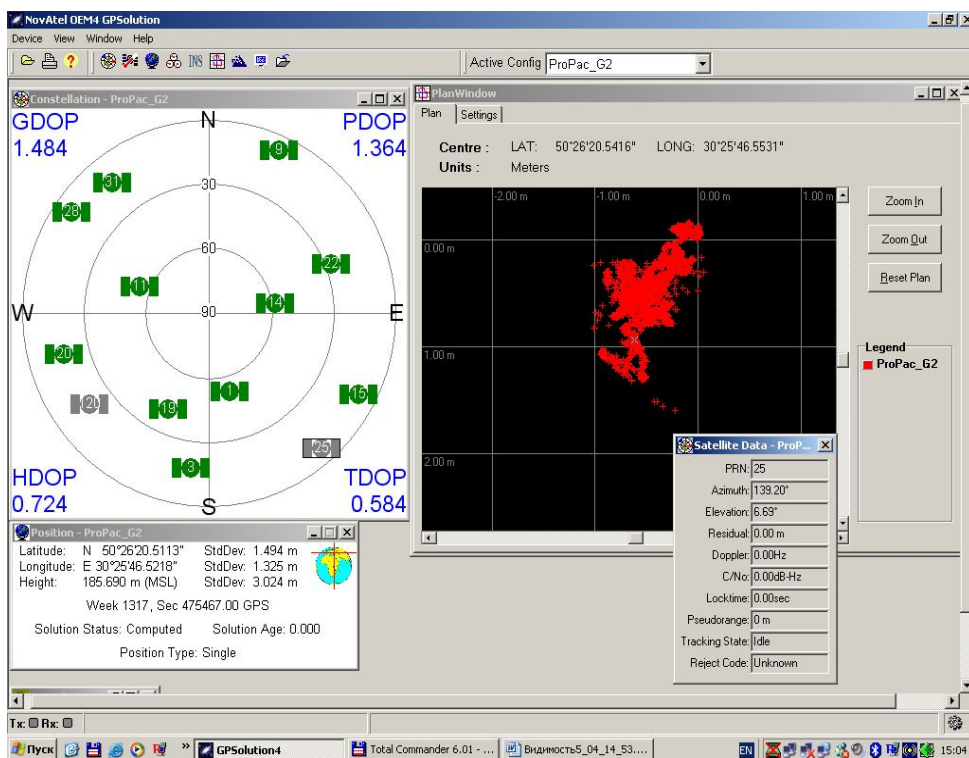


Рис. 10. Приймач працює з використанням усіх 13 каналів

Експеримент з моніторингу супутникових систем GPS та поправок EGNOS надав багато матеріалу для подальшого аналізу та дослідження. Втім, зроблені висновки не можуть бути остаточними, оскільки система EGNOS офіційно працює лише в тестовому режимі і остаточно не введена до роботи. До того ж необхідно збільшити тривалість спостережень. Науковий колектив лабораторії супутникових навігаційних систем Національного авіаційного університету планує продовжувати розпочатий експеримент.

*Надійшла до редакції 11.04.2005*