



УКРАЇНА

(19) UA (11) 40136 (13) A

(51) 7 G01S9/04

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ВИМІРЮВАЧ РАДІАЛЬНОЇ ШВИДКОСТІ ДЛЯ РАДІОЛОКАТОРА НАВЕДЕННЯ БЕЗУПИННОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

(21) 2000063684

(22) 23.06.2000

(24) 16.07.2001

(33) UA

(46) 16.07.2001, Бюл. № 6, 2001 р.

(72) Порошин Сергій Михайлович, Бахвалов Валентин Борисович

(73) Харківський державний політехнічний університет, UA

(57) Вимірювач радіальної швидкості для радіолокатора наведення безупинного випромінювання, що містить передавач безупинного сигналу з дзеркальною антеною, що передає, приймач із приймальною антеною, амплітудним детектором і фільтром низьких частот і вимірювач частоти Доплера, який **відрізняється** тим, що приймальна антена виконана у вигляді круглої кільцевої щілини на параболічному дзеркалі антени, що передає, і пов'язана коаксіальним рупором і коаксіальними кабелями з приймачем луна-сигналів цілі і ракети і з приймачем сигналу бортового передавача ракети, до складу пристрою додатково включений генератор, частота якого дорівнює частоті сигналу бор-

тового передавача ракети, цей генератор пов'язаний із приймачем сигналу бортового передавача ракети, а на виході цього приймача встановлений амплітудний детектор із фільтром низьких частот, пов'язаним із вимірювачем частоти Доплера ракети $F_{ДР2}$, вимірювач частот Доплера пов'язаний з обчислювачем радіальних швидкостей цілі і ракети, що наводиться на неї, по співвідношенням

$$V_p = F_{ДР2} \lambda_p,$$
$$V = \lambda_p F_{ДР2} - \lambda F / 2,$$

де: V_p - радіальна швидкість ракети; V - радіальна швидкість цілі; λ - довжина хвилі радіолокатора; λ_p - довжина хвилі бортового передавача ракети; F - доплерівська частота на виході каналу прийому луна-сигналів цілі і ракети; $F_{ДР2}$ - доплерівська частота на виході каналу прийому сигналу бортового передавача ракети.

Винахід належить до області радіолокації і може бути використаний в наземних радіолокаторах наведення безупинного випромінювання мікрохвильового діапазону для виміру радіальних швидкостей цілі і ракети, що наводиться на неї.

Відомий радіолокаційний вимірювач радіальної швидкості цілі за частотою Доплера [1, с.104, фіг. 3.6], у якому для поділу доплерівських частот цілей використаний набір вузькосмугових доплерівських фільтрів. Радіальну швидкість цілі визначають за частотою Доплера за допомогою відомого співвідношення, а частоту Доплера визначають за резонансною частотою того фільтра, на виході якого з'явиться сигнал цілі.

Хибою такого аналогу є те, що для поділу доплерівських частот двох або більше цілей (наприклад, цілі і ракети, що наводиться на неї) використовують великий набір вузькосмугових доплерівських фільтрів і декілька індикаторів на виході кожного фільтра, тобто конструкція приймальної системи радіолокатора складна і її важко реалізувати. Крім того, виникають проблеми з інтерпретацією

результатів вимірів, тому що, крім доплерівських частот цілей, з'являються також сумарні (або різницеві) доплерівські частоти і їх важко зіставити з конкретними цілями.

Інша хибя аналогу полягає в тому, що при обмеженій (прийнятному для реалізації) кількості доплерівських фільтрів точність виміру радіальної швидкості буде низькою, і доплерівські частоти цілі і ракети можуть опинитися в одному фільтрі.

Як прототип обраний доплерівський радіолокатор безупинного випромінювання [1]. Прототип містить антену, що передає (вона ж є також приймальною антеною), передавач безупинних коливань високої частоти f_0 , приймач з амплітудним детектором, підсилювач доплерівської частоти й індикатор (наприклад, у вигляді вимірювача частоти Доплера). Підсилювач доплерівської частоти містить фільтр нижніх частот, що виділяє доплерівські частоти, але придушує високі частоти. Як антену прототипу, що передає, можна використовувати, наприклад, дзеркальну антену з параболічного металевого дзеркала й випромінювача. Ра-

(13) A

(11) 40136

(19) UA

діяльну швидкість цілі V у прототипі визначають за обмірюваною частотою Доплера за допомогою відомого співвідношення

$$V = \lambda F_D / 2, \quad (1)$$

де: λ - довжина хвилі;

F_D - частота Доплера.

Частоту Доплера цілі виділяють на виході детектора приймача, що приймає одночасно як луна-сигнали рухомої цілі, так і прямий безупинний сигнал передавача, що зондує.

Хибкою прототипу є те, що такий радіолокатор не має дозвіл за радіальною швидкістю і не може одночасно вимірювати радіальні швидкості декількох цілей (наприклад, цілі і ракети, що наводиться на неї, при відсутності кутового дозволу між ними). При наявності декількох цілей на виході амплітудного детектора приймача, крім доплерівських частот цілей, будуть також сумарні і різницеві доплерівські частоти. Розділити ці доплерівські частоти, виміряти і зіставити з конкретними цілями найчастіше не вдасться.

В основу винаходу поставлена задача вдосконалення вимірювача радіальної швидкості для радіолокатора наведення безупинного випромінювання, у якому, за рахунок використання для прийому сигналів щільної кільцевої антени, вирізаної на параболічному дзеркалі антени, що передає, і виміру радіальної швидкості ракети за сигналом її бортового передавача, забезпечують вимір радіальних швидкостей цілі і ракети, що наводиться на неї, при відсутності кутового дозволу між ними, й усувають проблеми з поділом і виміром доплерівських частот на виході приймача луна-сигналів.

Поставлена задача вирішується тим, що у вимірювачі радіальної швидкості для радіолокатора наведення безупинного випромінювання, що містить передавач безупинного сигналу з дзеркальною антеною, що передає, приймач із приймальною антеною, амплітудним детектором із фільтром нижніх частот і вимірювач частоти Доплера, відповідно до винаходу:

- приймальна антена виконана у вигляді круглої кільцевої щілини на параболічному дзеркалі антени, що передає, і пов'язана коаксіальним рупором і коаксіальними кабелями з приймачем луна-сигналів цілі і ракети і з приймачем сигналу бортового передавача ракети;

- до складу устрою додатково включений генератор, частота якого дорівнює частоті сигналу бортового передавача ракети;

- цей генератор пов'язаний із приймачем сигналу бортового передавача ракети, а на виході цього приймача встановлений амплітудний детектор із фільтром низьких частот, пов'язаним із вимірювачем частоти Доплера ракети F_{DP2} ;

- вимірювачі частот Доплера пов'язані з обчислювачем радіальних швидкостей цілі і ракети, що наводиться на неї, по співвідношеннях:

$$V_p = F_{DP2} \lambda_p, \quad (2)$$

$$V = \lambda_p F_{DP2} - \lambda F / 2, \quad (3)$$

де: V_p - радіальна швидкість ракети;

V - радіальна швидкість цілі;

λ - довжина хвилі радіолокатора;

λ_p - довжина хвилі бортового передавача ракети;

F - доплерівська частота на виході каналу прийому луна-сигналів цілі і ракети;

F_{DP2} - доплерівська частота на виході каналу прийому сигналу бортового передавача ракети.

Використання як приймальної антени кругової кільцевої щілини, вирізаної на параболічному дзеркалі антени, що передає, забезпечує розв'язку каналів прийому і передачі, тому що така антена не приймає прямі сигнали випромінювача антени, що передає. При цьому в каналі прийому луна-сигналів будуть тільки сигнали цілі і ракети, що наводиться на неї, і не буде прямого сигналу передавача. У результаті на виході цього каналу буде тільки одна доплерівська частота (сумарна або різницева) і проблем із поділом доплерівських частот і їхнього виміру не виникає. Радіальну швидкість ракети визначають по сигналу бортового передавача ракети, що звичайно завжди є на борту ракети в зенітно-ракетних комплексах активного наведення. Цей сигнал приймають тією ж щільною антеною, але іншим приймачем. Після визначення радіальної швидкості ракети визначають радіальну швидкість цілі за результатом виміру єдиної доплерівської частоти в каналі прийому луна-сигналів цілі і ракети. Запропонований пристрій забезпечує вимір радіальних швидкостей цілі і ракети, що наводиться на неї, в радіолокаторі безупинного випромінювання при відсутності кутового дозволу між ними. При цьому проблем із поділом і виміром доплерівських частот не виникає.

Технічна сутність і принцип дії запропонованого пристрою пояснює креслення (фіг.), де надано спрощену структурну схему запропонованого вимірювача радіальної швидкості для радіолокатора наведення безупинного випромінювання і показаний спрощений ескіз його антенної системи.

До складу запропонованого пристрою на схемі входять такі основні елементи:

- параболічне дзеркало антени 1;
- випромінювач 2 дзеркальної антени, що передає (наприклад, рупорний випромінювач);
- приймальна щільна кільцева антена 3 у вигляді круглої щілини, вирізаної на параболічному дзеркалі антени, що передає;
- коаксіальний рупор щільної антени 4, пов'язаний із приймальною щільною антеною (у цьому рупорі збуджується хвиля типу TEM);
- коаксіальний кабель 5, що зв'язує коаксіальний рупор 4 із приймачами луна-сигналів і сигналів бортового передавача ракети;
- передавач 6 безупинного сигналу;
- приймач 7 луна-сигналів цілі і ракети, що наводиться на неї;
- приймач 8 сигналу бортового передавача ракети (цей сигнал також приймається щільною антеною 3, але його частота відрізняється від робочої частоти радіолокатора);
- генератор 9, частота якого дорівнює частоті сигналу бортового передавача ракети;
- амплітудний детектор 10 приймача луна-сигналів 7;
- амплітудний детектор 11 приймача 8 сигналу бортового передавача ракети;

- фільтри низьких частот 12,13 на виходах амплітудних детекторів приймачів;
- вимірювач 14 різницевої частоти Доплера луна-сигналів цілі і ракети $F = F_{ДР1} - F_{Д}$;
- вимірювач 15 частоти Доплера $F_{ДР2}$ сигналу бортового передавача ракети;
- обчислювач 16 радіальних швидкостей цілі ракети V і ракети V_R по обмірюваних частотах Доплера F , $F_{ДР2}$ за допомогою співвідношень (2), (3).

Принцип дії запропонованого устрою пояснюють таким. Для прийому сигналів пропонується використовувати кільцеву щілинну антену 3, вирізану на металевому параболічному дзеркалі дзеркальної антени, що передає. Ця щілинна антена пов'язана з коаксіальним рупором 4, у якому збуджується хвиля типу ТЕМ. Така антена не приймає прямі сигнали випромінювача антени, що передає, і сигнали з напрямку осі дзеркала, але приймає луна-сигнали цілі і ракети з інших напрямків. Це забезпечує розв'язку каналів прийому і передачі. Крім того, ця ж щілинна антена приймає також сигнал бортового передавача ракети на іншій несучій частоті. У приймачі 7 луна-сигнали цілі і ракети посилюються і детектуються амплітудним детектором 10. Прямого сигналу передавача 6 у цьому каналі прийому не буде. В результаті на виході амплітудного детектора 10 буде тільки одна доплерівська частота F , яка дорівнює різниці

$$F = F_{ДР1} - F_{Д} \quad (4)$$

доплерівських частот ракети і цілі при стрілянині навздогін або сумі цих доплерівських частот при наведенні на зустрічних курсах. Ця доплерівська частота F виділяється фільтром нижніх частот 12 і вимірюється вимірювачем 14. Цей же фільтр придушує високочастотні складові на виході амплітудного детектора 10 і має порівняно широку смугу, що охоплює весь можливий діапазон доплерівських частот. Проблем із поділом і виміром доплерівських частот на виході амплітудного детектора 10 не виникає, тому що тут присутня тільки одна різниця (або сумарна) доплерівська частота F , що можна легко виміряти вимірювачем 14. Проте по цій доплерівській частоті F можна судити лише про швидкість зближення цілі і ракети, але не можна визначити радіальні швидкості цілі і ракети. Для визначення радіальних швидкостей цілі і ракети пропонується спочатку вимірювати радіальну швидкість ракети за сигналом її бортового передавача. Такий передавач, звичайно, завжди є на борту ракети в системах активного наведення, а несуча частота його відрізняється від частоти радіолокатора. Для цього сигнал бортового передавача ракети приймають за допомогою щілинної антени 3 і приймача 8. Для одержання доплерівської частоти $F_{ДР2}$ сигналу бортового передавача ракети на виході приймача 8 у цей канал прийому вводять також допоміжну частоту генератора 9, що дорівнює частоті бортового передавача ракети, а доплерівську частоту $F_{ДР2}$ виділяють на виході цього приймача за допомогою амплітудного детектора 11 і фільтра нижніх частот 13. На виході амплітудного детектора 11 буде тільки одна доплерівська частота $F_{ДР2}$, що вимірюють вимірювачем 15, а проблем із поділом і виміром доплерівських частот тут також не виникає. Радіальну швидкість ракети

V_R визначають по цій доплерівській частоті $F_{ДР2}$ за допомогою відомого співвідношення (2). Після цього радіальну швидкість цілі V визначають по різницевої (або сумарній) доплерівській частоті F за допомогою співвідношення (3), що отримане зі співвідношень (1), (2), (4).

Приймальна щілинна антена 3 запропонованої конструкції з коаксіальним рупором 4 і коаксіальним кабелем 5 потрібна для розв'язки каналів прийому і передачі. Ця ж антена служить для прийому сигналу бортового передавача ракети.

Приймач 7 потрібний для прийому луна-сигналів цілі і ракети, а приймач 8 - для прийому сигналу бортового передавача ракети. Генератор 9 необхідний для виділення доплерівської частоти з прийнятого сигналу бортового передавача ракети. Амплітудні детектори 10, 11 і фільтри нижніх частот 12, 13 потрібні для виділення відповідних доплерівських частот F , $F_{ДР2}$. Розділяти доплерівські частоти на виходах каналів прийому не потрібно, тому що на кожному виході буде тільки по одній доплерівській частоті. Це істотно спрощує процес виділення і виміри доплерівських частот і підвищує точність вимірів.

Таким чином, запропонований пристрій може бути практично реалізований, а відзначені вище відмітні ознаки є істотними і принципово необхідні для реалізації пристрою.

Основні елементи запропонованого пристрою на схемі (фіг.) виконані в такий спосіб. Антена, що передає, виконана у вигляді металевого параболічного дзеркала 1 і рупорного випромінювача 2. Передавач 6 виконаний у вигляді генератора безупинного синусоїдального сигналу і пов'язаний з випромінювачем 2. Щілинна приймальна антена 3 виконана у вигляді круглої кільцевої щілини, вирізаної на параболічному дзеркалі антени, що передає. Ширина щілини менше половини довжини хвилі. Коаксіальний рупор 4 пов'язаний із щілиною 3 і в ньому збуджується хвиля типу ТЕМ. Довжина цього рупора не має принципового значення і обирається з конструктивних розумінь. Цей рупор 4 пов'язаний коаксіальним кабелем 5 з приймачами 7, 8. Приймач 7 настроєний на частоту радіолокатора, а приймач 8 - на частоту бортового передавача ракети. Ці приймачі можуть бути виконані або у вигляді приймачів прямого посилення, або у вигляді супергетеродинних приймачів, кожний із своїм гетеродином і своєю проміжною частотою. Генератор 9 подає малопотужний генератор синусоїдальних коливань, частота якого дорівнює частоті бортового передавача ракети. Сигнал цього генератора вводиться в тракт прийому приймача 8. Амплітудні детектори 10, 11 можуть бути виконані у вигляді діодів з квадратичною вольт-амперної характеристикою. Фільтри нижніх частот 12, 13 мають порівняно широку смугу пропускання, що охоплює весь можливий діапазон доплерівських частот. Вимірювачі доплерівських частот 14, 15 мають відому конструкцію. Обчислювач 16 подає мікроЕОМ для розрахунку радіальних швидкостей цілі і ракети по доплерівських частотах F , $F_{ДР2}$ за допомогою співвідношень (2), (3).

Динаміка роботи запропонованого пристрою здійснюється в такий спосіб. У процесі наведення ракети на ціль бортовий передавач ракети випромінює сигнал на своїй робочій частоті і цьому сиг-

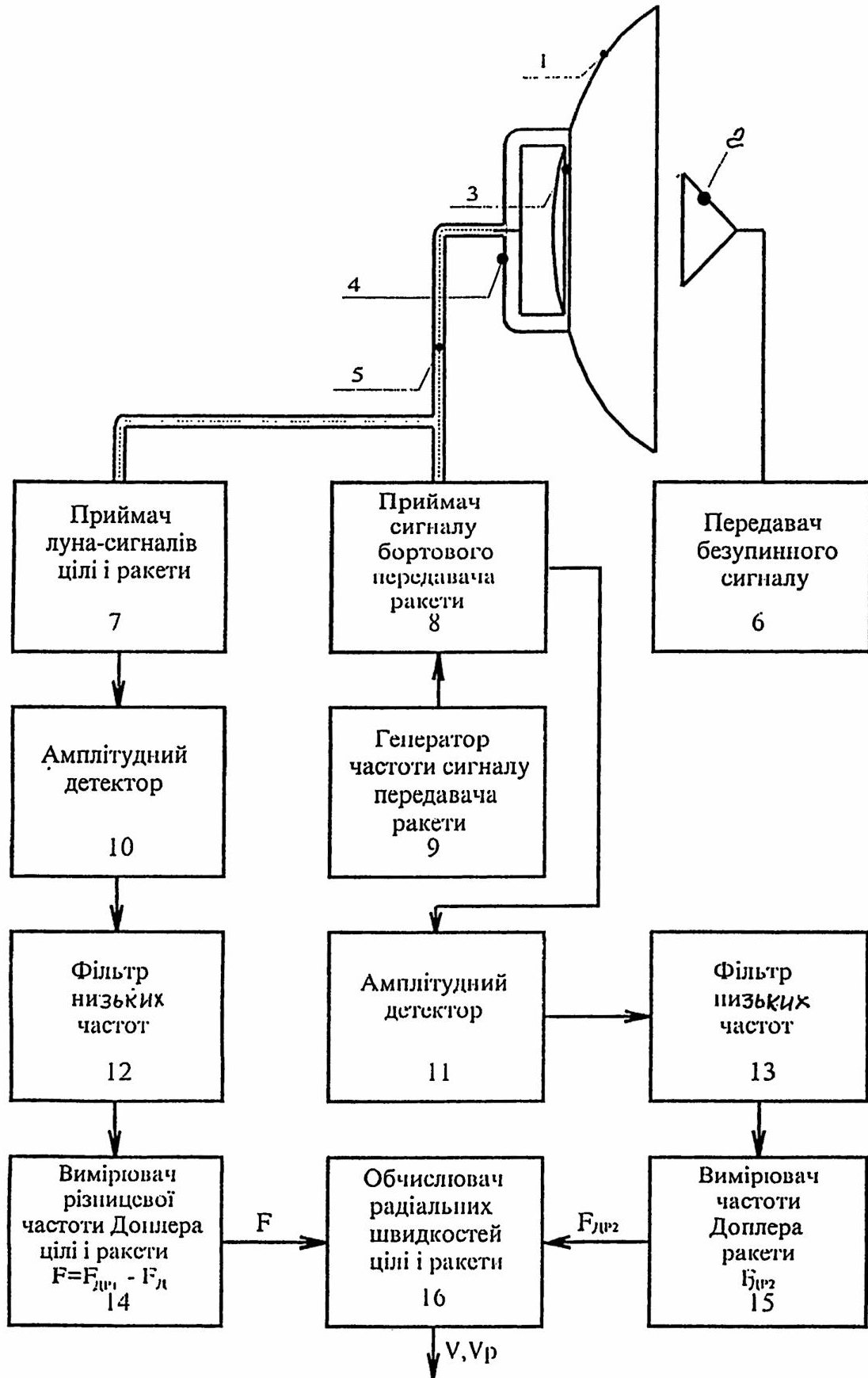
нал приймається щілинною антеною 3 і приймачем 8. У цей канал прийому вводиться також сигнал генератора 9, а на виході каналу виділяється доплерівська чистота $F_{др2}$ за допомогою амплітудного детектора 11 і фільтра нижніх частот 13. Цю частоту вимірює вимірювач 15. Передавач 6 формує, а дзеркальна антена, що передає, випромінює безупинний синусоїдальний сигнал на своїй робочій частоті. Приймальна щілинна антена 3 і приймач 7 приймають луна-сигнали цілі і ракети, що наводиться на неї. Припускається, що цілі і ракета не вирішуються по кутових координатах, і їхні луна-сигнали приймаються одночасно. Сигнал передавача 6 у тракт прийому приймача 7 не потрапляє, тому що щілинна антена 3 не приймає сигнали з напрямку осі дзеркала, але приймає сигнали з інших напрямків. На виході приймача 7 виділяють різницеву доплерівську частоту F луна-сигналів ці-

лі і ракети за допомогою амплітудного детектора 10 і фільтра нижніх частот 12. Цю частоту вимірює вимірювач 14. Обчислювач 16 обчислює радіальні швидкості цілі і ракети V , V_r по обмірюваних доплерівських частотах F , $F_{др2}$ за допомогою співвідношень (2), (3).

Таким чином, запропонований пристрій вирішує поставлену задачу, усуває відзначені хиби аналогу і прототипу і забезпечує вимір радіальних швидкостей цілі і ракети, що наводиться на неї, в радіолокаторі безупинного випромінювання при відсутності кутового дозволу між ними.

Джерела інформації:

1. Сколник М. Введение в технику радиолокационных систем / Пер. с англ. под ред. К.Н.Трофимова. - М.: Мир, 1965. - С. 94, 95, фиг. 3.2 (прототип).



Фіг.

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)
Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26
(044) 295-81-42, 295-61-97

Підписано до друку _____ 2001 р. Формат 60x84 1/8.
Обсяг _____ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. _____

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.
(044) 268-25-22
