



УКРАЇНА

(19) UA (11) 33183 (13) A

(51) 6 G01N27/06

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВИНАХІДвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ОБ'ЄМНОГО ВМІСТУ ГАЗУ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ

(21) 99010004

(22) 04.01.1999

(24) 15.02.2001

(33) UA

(46) 15.02.2001, Бюл. № 1, 2001 р.

(72) Мешенгіссер Юрій Михайлович, Марченко  
Юрій Григорович, Дорошев Валентин Давидович

(73) Науково-виробнича фірма "Екополімер"

(57) 1. Спосіб вимірювання об'ємного вмісту газу, який полягає в тому, що два двохелектродні кондуктометричні датчика - опорний і вимірювальний з однаковими константами електродної системи розміщують в газорідинній струмині, опорний датчик захищають від проникнення в нього газової фази гідралічним фільтром, вимірюють різницю питомих провідностей середовищ в робочих об'ємах датчиків, по результату вимірювання визначають величину об'ємного вмісту газу в струмині, який **відрізняється** тим, що вимірюють максимальне відношення різниці питомих провідностей середовищ в робочих об'ємах датчиків до питомої провідності середовища в робочому об'ємі опорного датчика за відрізок часу від 1 до 5 хвилин, причому на опорному датчику підтримують постійною величину напруги.

2. Пристрій для вимірювання об'ємного вмісту газу, що має первинний перетворювач об'ємного вмісту газу в електричний сигнал у вигляді чотириплічного мосту, в суміжні плечі якого ввімкнені опорний і вимірювальний кондуктометричні датчики, а також має вторинний вимірювальний прилад, що складається з генератора змінної напруги, що живить електричний міст, двох лінійних випрямлячів напруг на датчиках, виходи яких сполучені зі входами диференційного підсилювача постійного струму, індикатора, який **відрізняється** тим, що вторинний вимірювальний прилад має піковий детектор, джерело еталонної постійної напруги, додатковий підсилювач постійного струму, нелінійний елемент, при цьому індикатор з'єднано з виходом пікового детектора, вхід якого з'єднано з виходом диференціального підсилювача постійного струму, вихід лінійного випрямляча напруги на опорному датчику з'єднано з одним із входів додаткового підсилювача постійного струму, з другим входом якого з'єднано джерело еталонної постійної напруги, а вихід додаткового підсилювача постійного струму з'єднано через нелінійний елемент з генератором змінної напруги.

Винахід належить до вимірювальної техніки для дослідження фізичних параметрів двохфазних газорідинних середовищ, конкретно для вимірювання кондуктометричним методом об'ємного вмісту газу в нестационарних газорідинних дисперсних потоках при пневматичній аерації в аеротенках систем біологічної очистки стічних вод.

Відомий спосіб вимірювання об'ємного вмісту газу, який полягає в тому, що два двохелектродні кондуктометричні датчика - опорний і вимірювальний, з однаковими константами електродної системи розміщують в газорідинній струмині, опорний датчик захищають від проникнення в нього газової фази гідралічним фільтром, вимірюють різницю питомих провідностей середовищ в робочих об'ємах датчиків, по результату вимірювання визначають величину об'ємного вмісту газу в струмині (див. Степанюк И.А. Океанологические измерительные преобразователи. - Л.: Гидрометиздат, 1986. - С. 115-118).

Одним з недоліків відомого способу вимірювання є залежність вимірюваної різниці питомих провідностей середовищ в робочих об'ємах датчиків від їх абсолютних значень. Абсолютні значення питомої провідності стічних вод зазнають значних сезонних і добових коливань і відрізняються в різних населених пунктах. Вищевказаний недолік знижує точність вимірювання об'ємного вмісту газу в аеротенках систем біологічної очистки стічних вод.

Другий недолік зв'язаний з просторовим "блуканням" висхідних в об'ємі аеротенку затоплених газорідинних струмин відносно закріплених в аеротенку кондуктометричних датчиків вимірювального приладу. Об'ємний вміст газу в робочому об'ємі нерухомо закріпленого в аеротенку вимірювального датчика настільки сильно змінюється за час виміру, що вимірювання відомим способом різниці питомих провідностей вимірюваних середовищ стає утрудненим.

(13) A

(11) 33183

(19) UA

На основі вище наведеного способу вимірювання об'ємного вмісту газу існує відомий пристрій для вимірювання об'ємного вмісту газу, який має первинний перетворювач об'ємного вмісту газу в електричний сигнал у вигляді чотириплічного мосту, в суміжні плечі якого ввімкнені опорний і вимірювальний кондуктометричні датчики, а також має вторинний вимірювальний прилад, що складається з генератора змінної напруги, що живить електричний міст, двох лінійних випрямлячів напруг на датчиках, виходи яких сполучені зі входами диференціального підсилювача постійного струму індикатора (див. Степанюк І.А. Океанологические измерительные преобразователи. - Л.: Гидрометиздат, 1986. - С. 115-118).

У відомому вимірювальному пристрої індикатор з'єднано безпосередньо з виходом диференціального підсилювача постійного струму. Напруга на виході диференціального підсилювача відчуває безпорядні випадкові флуктуації, внаслідок безпорядної зміни об'ємного вмісту газу. При цьому індикатор показує локальний об'ємний вміст газового середовища в робочому об'ємі вимірювального датчика, що утруднює відлік результатів вимірювань для газорідних струмин в об'ємі аеротенку.

У відомому пристрої вимірювальний сигнал з електричного мосту первинного перетворювача у вигляді різниці змінних напруг подається на обробку на вторинний вимірювальний прилад. При цьому електричний міст живиться височастотною напругою з постійною амплітудою, а оскільки протилежні суміжні плечі мосту є відносно його вимірювальної діагоналі дільником височастотної напруги, то при постійних опорах еталонних резисторів в одному плечі моста і змінних опорах кондуктометричних датчиків у другому плечі моста через зміни добові, сезонні та інші зміни електропровідності вимірюваної рідини виникає пропорційна зміна опорної напруги на опорному датчику моста відносно калібровочного значення, що призводить до збільшення похибки вимірювань або необхідності додаткової калібровки вимірювального пристрою.

В основу винаходу поставлено задачу, спосіб вимірювання об'ємного вмісту газу, що підлягає удосконаленню шляхом того, що вимірюють максимальне відношення різниці питомих провідностей середовищ в робочих об'ємах датчиків до питомої провідності середовища в робочому об'ємі опорного датчика за відрізок часу від 1 до 5 хвилин, причому на опорному датчику підтримують постійною величину напруги, та пристрій для його здійснення, що підлягає удосконаленню шляхом того, що вторинний вимірювальний прилад має піковий детектор, джерело еталонної постійної напруги, додатковий підсилювач постійного струму, нелінійний елемент, при цьому індикатор з'єднано з виходом пікового детектора, вхід якого з'єднано з виходом диференціального підсилювача постійного струму, вихід лінійного випрямляча напруги на опорному датчику з'єднано з одним із входів додаткового підсилювача постійного струму, з другим входом якого з'єднано джерело еталонної постійної напруги, а вихід додаткового підсилювача постійного струму з'єднано через нелінійний елемент з генератором змінної напруги, забезпечити:

вимірювання значення максимального об'ємного вмісту газу "блужаючої" газорідної струмини в об'ємі аеротенка;

можливість вимірювання величини об'ємного вмісту газу для будь-яких середовищ стічних вод, незалежно від сезонних, або добових коливань їх питомої провідності;

зниження вимог до кваліфікації обслуговуючого персоналу, який виконує вимірювання способом, що заявляється;

калібровку пристрою тільки один раз при його виготовленні.

На відміну від відомих способів, де вимірюють різницю питомих провідностей середовищ в робочих об'ємах датчиків, в заявляемому способі вимірювання об'ємного вмісту газу вимірюють максимальне відношення різниці питомих провідностей середовищ в робочих об'ємах датчиків до питомої провідності середовища в робочому об'ємі опорного датчика. Це дає змогу відійти від середніх абсолютних показників і застосувати максимальні відносні значення об'ємного вмісту газу, які нечутливі до коливань питомої провідності, що підвищує точність вимірів.

Вимір максимального значення об'ємного вмісту газу дозволяє відстежити в об'ємі рідини аеротенка "блужаючі" газорідні струмини, які перетинають час від часу робочі об'єми датчиків. Залежно від глибини занурення датчиків, розташування аераторів, розмірів водоймища, напрямку циркуляційних течій в товщі водоймища, розмірів бульбашок в газорідній струмині достатньо від 1 до 5 хвилин на вимірювання та відстеження "блужаючих" струмин. При цьому газорідна струмина перетинає робочий простір датчиків хоча б один раз. Для надійного виміру потрібен час в одну-п'ять хвилин, який потрібен для перевищення на один-два порядки середнього періоду просторових коливань положення газорідної струмини в аеротенку.

Підтримка постійної напруги на опорному датчику дає змогу підтримувати необхідну чутливість до величини об'ємного вмісту газу вимірюваного середовища.

Вимір максимального значення дозволяє застосувати для цілей вимірювання простий пристрій для вимірювання об'ємного вмісту газу з вторинним вимірювальним приладом, який має піковий детектор між індикатором та виходом диференціального підсилювача постійного струму. Піковий детектор фіксує тільки максимальне значення вимірюваного параметра, що спрощує роботу з пристроєм, бо за одну-п'ять хвилин очікування при вимірі на табло індикатора пристрою встановлюється фіксоване значення об'ємного вмісту газу.

Вихід лінійного випрямляча напруги на опорному датчику з'єднано з одним із входів додаткового підсилювача постійного струму, з другим входом якого з'єднано джерело еталонної постійної напруги, а вихід додаткового підсилювача постійного струму з'єднано через нелінійний елемент з генератором змінної напруги для того, щоб в процесі вимірювання при зміні провідності рідини, утворити систему автоматичного регулювання чутливості, яка підтримує постійною напругу на опорному датчику, змінюючи при цьому напругу на виході генератора. При цьому підтримується необ-

хідна чутливість до величини об'ємного вмісту газу вимірюваного середовища шляхом жорсткого регулювання з великим петлевым коефіцієнтом посилення додаткового посилювача постійного струму. При цьому відхилення від теоретичної залежності з урахуванням п'ятикратного діапазону зміни питомої провідності стічних вод приведуть до систематичної похибки не більше 2 %. Шляхом зменшення петлевого посилення додаткового посилювача в режимі "недерегулювання" ця похибка може бути додатково зменшена.

На фігурі зображено блок-схема пристрою для здійснення способу вимірювання об'ємного вмісту газу.

Відомості, які підтверджують можливість здійснення винаходу.

Опис способу вимірювання об'ємного вмісту газу.

Спосіб вимірювання об'ємного вмісту газу в аеротенках має такі робочі операції (див. фігуру).

Два двохелектродні кондуктометричні датчики 1, 2, де датчик 1 - опорний, а датчик 2 - вимірювальний, з однаковими константами електродної системи розміщують в газорідинній струмині, яка затоплена в рідину аеротенка. Опорний датчик 1 захищають гідралічним фільтром 3 від проникнення в нього газової фази з газорідинної струмини. В робочих об'ємах датчиків 1, 2 вимірюють максимальну відносну різницю питомих провідностей середовищ  $\Delta b/b_0$  як відношення різниці питомих провідностей середовищ  $\Delta b$  в робочих об'ємах датчиків до питомої провідності середовища  $b_0$  в робочому об'ємі опорного датчика за відрізок часу від 1 до 5 хвилин, при цьому в процесі вимірювань підтримують постійною задану величину напруги  $U_0$  на опорному датчику 1 і реєструють максимальне значення відносної різниці питомих провідностей  $\Delta b/b_0$  за відрізок часу від 1 до 5 хвилин.  $\Delta b = b - b_0$ , де  $b_0$  - питома провідність середовища в робочому об'ємі вимірювального датчика.

Величину об'ємного вмісту газу  $\phi$  визначають за максимальним значенням відносної різниці питомих провідностей  $\Delta b/b_0$  за формулою

$$\Delta b/b_0 = -3\phi/(2 + \phi),$$

при цьому  $\phi = V_r/(V_r + V_p)$ , де  $V_p$  і  $V_r$  - об'єми рідкої та газоподібної фази.

Опис пристрою для здійснення способу вимірювання об'ємного вмісту газу.

Пристрій для здійснення способу вимірювання об'ємного вмісту газу (див. фігуру) складається з електрично з'єднаних між собою екранованим кабелем 4 первинного перетворювача 5 і вторинного вимірювального приладу 6.

Первинний перетворювач 5 складається з двох кондуктометричних датчиків 1, 2 з ідентичними електродними системами, ввімкнених в суміжні плечі чотириплічного електричного мосту 7, в два других плеча якого ввімкнені еталонні резистори 8. Кондуктометричний датчик 1 є опорним і заповнений рідиною. Датчик 2 - вимірювальний і заповнений газорідинним середовищем. Опорний датчик 1 захищений від проникнення в його міжелектродний простір газу гідралічним фільтром 3 у вигляді капронової сітки з прохідним перерізом вічок  $0,2 \cdot 10^{-3}$  м на  $0,2 \cdot 10^{-3}$  м.

Вторинний вимірювальний прилад 6 складається з високочастотного генератора 9 змінної

напруги  $U_{ж}$  частотою 5 кГц, що живить електричний міст 7, двох лінійних випрямлячів 10, 11 з напругами  $U_b$ ,  $U_0$  на датчиках 1, 2, виходи лінійних випрямлячів 10, 11 з'єднані зі входами диференціального підсилювача 12 постійного струму, індикатора 13, пікового детектора 14 з кнопкою скиду 15 показань індикатора 13, джерела еталонної постійної напруги  $U_e$ , додаткового підсилювача 16 постійного струму, нелінійного елемента 17, при цьому індикатор 13 з'єднано з виходом пікового детектора 14, вхід якого з'єднаний з виходом диференціального підсилювача 12 постійного струму, вихід лінійного випрямляча 10 напруги  $U_0$  на опорному датчику 1 з'єднано з одним із входів додаткового підсилювача 16 постійного струму, до другого входу якого під'єднано джерело еталонної постійної напруги  $U_e$ , а вихід додаткового підсилювача 16 постійного струму з'єднано через нелінійний елемент 17 з генератором 9 змінної напруги  $U_{ж}$ .

В даному прикладі реалізації способу використовувались коаксіальні кондуктивні датчики 1, 2. Активні лінійні випрямлячі 10, 11, диференціальний підсилювач 12, підсилювач 16, піковий детектор 14 і генератор 9 виконані на операційних підсилювачах серії K140. Нелінійний елемент виконаний на польовому транзисторі. Вторинний вимірювальний прилад є прямопоказуючим, його індикатор проградуирований безпосередньо в значеннях величини об'ємного вмісту газу, вираженої у відсотках.

Пристрій для здійснення вимірювання вмісту газу працює таким чином. Первинний перетворювач 5 або тільки його датчики 1, 2 занурюють у вимірюване середовище (електропровідну рідину з провідністю від 0,08 до 0,4 Сім/м). Включають живлення вторинного вимірювального приладу 6, натискають кнопку 15 пікового детектора 14 і через одну-п'ять хвилин знімають показники на індикаторі. Вторинний вимірювальний прилад є прямопоказуючим, проградуирований безпосередньо в значеннях величини об'ємного вмісту газу, вираженої у відсотках. Пристрій простий в обслуговуванні, не потребує особливої кваліфікації обслуговуючого персоналу.

Вимірювальний пристрій реагує на вміст газу на два порядки швидше, ніж час вимірювання в одну-п'ять хвилин, який потрібен для перевищення на один-два порядки середнього періоду просторових коливань положення газорідинної струмини в аеротенку.

У разі однофазного рідинного середовища, тобто без газових або повітряних включень, індикатор 13 показує нульові значення.

При повторному натисканні кнопки 15 колишні показники індикатора 13 скидаються і процес індикації вимірюваної величини повторюється. При цьому піковий детектор 14 з одиничним коефіцієнтом підсилення зберігає свою вихідну напругу доки його вхідна напруга не перевищить збережену напругу. В процесі росту на піковому детекторі 14 вхідної напруги відбувається її повторення до моменту поки вона не почне зменшуватися. Нове максимальне значення зберігається, якщо не з'явиться ще більший максимум. Таким чином, піковий детектор 14 дозволяє зареєструвати і зберегти найбільший максимум за час вимірювань,

який відповідає максимальному об'ємному вмісту газу при проходженні "блукаючої" газорідинної струмини через точку розташування вимірювального датчика.

Для уникнення впливу на точність показників вимірювального пристрою добоових, сезонних і других змін електричних властивостей вимірюваного середовища в діапазоні його провідності від 0,08 до 0,4 Сім/м, а також для одержання відносних значень величин об'ємного вмісту газу на індикаторі 13 вторинного вимірювального приладу 6, в останній введені додаткові елементи 16, 17 і джерело постійної еталонної напруги  $U_e$ , напруга  $U_e$  якого подається на один із входів додаткового посилювача 16 постійного струму, на другий вхід якого подається через лінійний випрямляч 10 випрямлена напруга  $U_0$  з опорного датчика 1, при цьому з виходу посилювача 16 виходить посилена різниця напруг  $U_e$  і випрямленої  $U_0$ , яка потрапивши на нелінійний елемент 17 з його допомогою регулює амплітуду генератора 9 змінної напруги таким чином, щоб стабілізувалась змінна напруга  $U_0$  на опорному датчику 1 і підтримувалась постійно незалежно від величини опору його міжелектродного рідинного простору.

Стабілізація напруги  $U_0$  на опорному датчику за допомогою такої системи авторегулювання високочастотною напругою  $U_{ж}$  живлення генератора 9 змінної напруги, який живить електричний міст 5, дозволяє досягнути незалежності чутливості вимірювального пристрою від величини питомої електропровідності вимірюваного рідинного середовища, наприклад, стічних вод, мулової суміші і т. д., що перетворює вимірювач об'ємного вмісту газу в прямопоказуючий прилад із шкалою проградуированою у відносних значеннях величин об'ємного вмісту газу, виражених у відсотках.

Під чутливістю  $S_U$  пристрою мається на увазі відносна чутливість мостової схеми змінного струму по напрузі, яка дорівнює відношенню вихідної напруги  $U_{вих} = U_B - U_0$  моста 7 до відношення різниці питомих провідностей середовищ в робочих об'ємах датчиків 1, 2 до питомої провідності середовища в робочому об'ємі опорного датчика 1

$$S_U = U_{вих} / (\Delta b / b_0).$$

Вихідна напруга  $U_{вих}$  моста 7 може бути представлена як

$$U_{вих} = 3/2 U_0 \varphi \frac{1}{1 + K / (b_0 R_e)}$$

де  $R_e$  - опір еталонного резистора 8, вибирається в 20-100 разів більшим, ніж величина опору ( $R_0 = K/b_0$ ) опорного датчика 1,  $K$  - константа електродної системи датчиків 1, 2.

З формули для вихідної напруги  $U_{вих}$  моста 7 видно, що для повної незалежності чутливості від питомої провідності  $b_0$  вимірюваного середовища замкнута система регулювання амплітуди змінної напруги  $U_{ж}$  живлення моста 7 повинна підтримувати опорну напругу  $U_0$  згідно співвідношенню

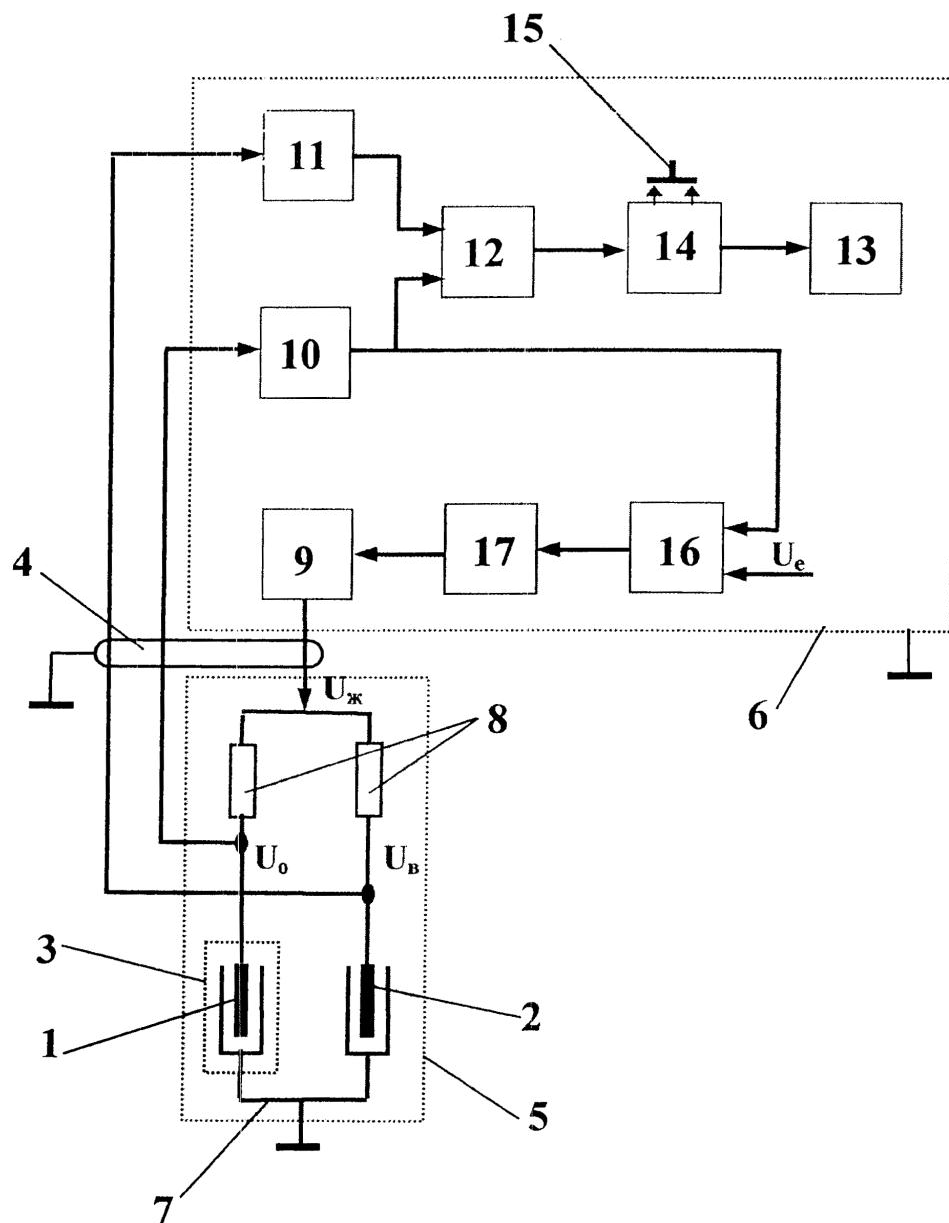
$$U_0 \sim 1 + K / (b_0 R_e),$$

що можливо здійснити при жорсткому регулюванні з великим петлевым коефіцієнтом посилення додаткового посилювача 17 постійного струму. В цьому разі відхилення від теоретичної залежності з урахуванням п'ятикратного діапазону зміни питомої провідності стічних вод призведуть до систематичної похибки вимірів не більше 2 %. Шляхом зменшення петлевого посилення в режимі "недерегулювання" ця похибка може бути додатково зменшена.

Таким чином, якщо в процесі вимірювання провідність рідини зміниться, то система автоматичного регулювання чутливості буде підтримувати напругу  $U_0$  на опорному датчику 1 приблизно постійною, змінюючи при цьому напругу  $U_{ж}$  на виході генератора 9. При цьому буде підтримуватися необхідна чутливість до величини об'ємного вмісту газу  $\varphi$  вимірюваного середовища.

В нестационарному турбулентному режимі руху висхідної газорідинної струмини робота системи автоматичного регулювання чутливості не буде порушуватися, оскільки опорний датчик 1 захищений гідравлічним фільтром 3.

Технічний результат: вимірювання значення максимального об'ємного вмісту газу "блукаючої" газорідинної струмини в об'ємі аеротенка; можливість вимірювання величини об'ємного вмісту газу для будь-яких стічних вод, незалежно від сезонних або добоових коливань їх питомої провідності.



**Fig.**

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

Підписано до друку \_\_\_\_\_ 2001 р. Формат 60х84 1/8.  
Обсяг \_\_\_\_\_ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. \_\_\_\_\_

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