

**Безпілотна автоматизована система проміру глибин річок**

---

---

Чернігівський державний інститут економіки і управління, м. Чернігів  
e-mail:liudmila.mamontova@yandex.ua

---

---

**Анотація.** В статті розглянуто безпілотну автоматизовану систему проміру глибин річок, що заснована на комбінуванні диференційного методу GPS-визначення координат промірного судна з методом ехолотування і методом радіокерування судном. За координатами промірного судна та даними ехолотування на центральній станції формується цифрова карта рельєфу дна промірної ділянки водойми, а також контролюється положення промірного судна на галсах. Запропонована система дозволяє підвищити рівень автоматизації промірних робіт.

**Ключові слова:** автоматизована система, координати, промір глибин, цифрова карта рельєфу.

### Вступ

Для дослідження динаміки флювіального рельєфу дна і для ряду практичних завдань необхідно знати будову річкового русла, контролювати і враховувати зміну його параметрів. Проте рельєф дна континентальних водоймищ рідко відображається на топографічних картах; дуже мало свіжої інформації про глибини річок і навіть досить великих водоймищ. Відсутність зображення рельєфу дна пояснюється трудомісткістю проведення промірів [1,2,3].

Ультразвукові способи промірів дна вимагають проведення безпосередніх вимірювань з поверхні водних об'єктів. Вартість промірів глибин залишається достатньо високою, тому зйомки дна проводяться тільки в міру наукової або практичної необхідності.

Останні досягнення техніки і перш за все застосування методів супутникового позиціонування в системах GPS і ГЛОНАСС різко підвищила точність і оперативність польових вимірювань і дозволяють віднести це завдання до розряду тих, що вирішуються [4].

Застосовуються різні методи вимірювання глибин ехолотами [5] з використанням GPS, поєднуючи прилади в комплексі з комп'ютером і приладом формування цифрового рельєфу дна.

В якості прикладу можна навести промірний гідрографічний комплекс Simrad на базі багатопроменевого ехолота EM-3000, що є сучасною системою для картографування з високою роздільною здатністю рельєфу дна на глибинах від 0,5 до 200 метрів. Процес знімання, запису і синхронізації місцезнаходження та глибин автоматизовані повністю. Спеціалізовані ГІС Irap і GeoSea, встановлені на робочій станції Sun Blade-1500, на основі інтерполяції даних ехолотування дозволяють підготувати цифрову модель рельєфу дна, з якої можливе створення контурних карт і планшетів рельєфу дна у масштабі від 1:500 до 1:50 000, трьохмірне зображення рельєфу дна, побудова профілів дна вздовж промірних галсів і т.п [2,3].

### Матеріали і методи

Умови GPS вимірювань на малих водоймах ускладнюються такими факторами, як поривчастий вітер змінного напрямку, наявність берегових схилів, лісових насаджень поблизу водойми і т. п. Підвищення точності GPS визначення координат судна є актуальною і достатньо складною задачею. Тому для підвищення точності GPS визначення координат промірної вертикалі в [6] запропонований один з варіантів GPS визначення координат рухомого об'єкта під час мобільної гідрографічної зйомки.

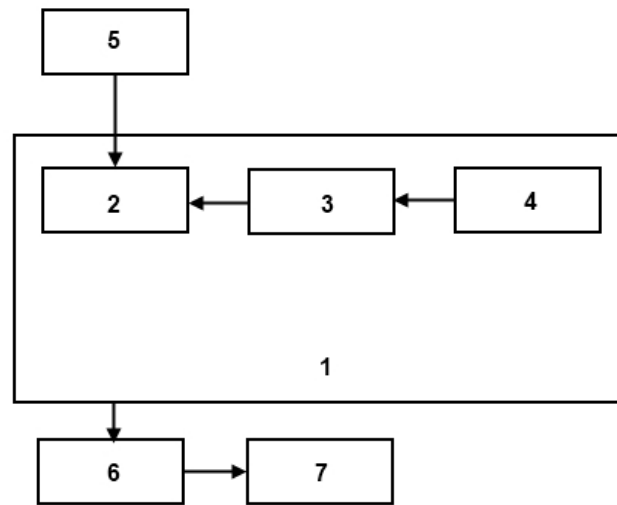
Даний спосіб заснований на одночасному визначенні координат групою антен GPS-приймачів з їх розосередженням, який відрізняється тим, що з антен GPS-приймачів формують горизонтальну шкалу-лінійку з визначеними інтервалами. Під час маневрування судна поздовжню вісь шкали-лінійки повертають навколо вертикальної осі та утримують лінійку, що з'єднує центри антен, під кутом  $\approx 45^\circ$  до меридіану. Координати об'єкта визначають як середнє значення по осях координат X та Y із значень координат по кожному GPS-приймачу лінійки. На рис. 1 наведена схема приладової реалізації запропонованого способу [6].

Запропонований спосіб реалізується наступним чином. Під час руху об'єкта в блоці керування 4 за інформацією від датчика азимута напрямку осі рухомого об'єкта розраховується необхідний кут повороту антенної лінійки 2 для підтримки орієнтації лінійки під кутом  $45^\circ$  відносно осей координат в плані.

За командою блока керування 4 спрацьовує механізм повороту лінійки 3 та утримання лінійки в режимі заданої орієнтації.

Антенами, що розміщені на лінійці з інтервалами між сусідніми антенами свідомо меншими величини роздільної здатності GPS на місцевості, приймаються радіосигнали від сузір'я супутників GPS і від

диференціальної станції 5. В результаті – GPS-приймальний блок 1 виробляє електричні сигнали з кодovими значеннями координат для кожної антени лінійки. Ці сигнали надходять в блок обробки інформації 6, в якому виконуються розрахунки уточнених координат об'єкту на місцевості.



**Рис. 1.** Схема приладної реалізації запропонованого способу: 1-GPS - приймальний блок; 2-поворотна лінійка з блоком антен (антенна лінійка); 3-механізм повороту лінійки; 4-блок керування орієнтації лінійки з датчиком азимута; 5-диференціальна GPS - станція; 6-блок обробки інформації; 7-блок запису інформації.

Наявність лінійки з антенами дає можливість розділити зону роздільної здатності GPS на кілька підзон по осях X та Y і збільшити точність визначення координат в  $\sqrt{(n-1)}$  разів, де:  $n$  – число антен,  $(n-1)$  – число інтервалів між антенами. Координати X та Y в кожній точці маршруту проходження рухомого об'єкта приймаються як середні між значеннями координат всіх  $n$  антен в цих точках [6]. Це дозволяє автоматизувати процес промірів і обробки даних безпосередньо на промірному судні.

В [7] запропоновано методику виконання промірних робіт, що заснована на комбінуванні диференційного методу GPS- визначення координат з методом ехолотування і методом радіокерування. Промірним судном (ПС) керують дистанційно з центральної станції по радіоканалу. Для кожного ПС галси проміру задаються у вигляді ланцюга координат заданих промірних точок. Курс промірного судна розраховується і уточнюється за показниками бортового приймача GPS. На центральну станцію по радіоканалу повідомляються поточні координати ПС і значення виміряних глибин водойми. За цими даними на центральній станції формується план з рельєфом дна водойми, а також контролюється положення ПС на галсах. Запропонована методика може бути реалізована системою безпілотного автоматизованого проміру, схема якого наведена на рис.2 [7,8].

Система автоматизованого проміру працює наступним чином. На центральній станції (ЦС) в блок 2 вводяться дані: електронну карту проміру з програмою проміру з блоку 4, дані відмітки рівня води з водомірних постів з блоку 5, метеодані (вітер, температура, вологість) з блоку 6, координати ЦС з блоку 3. На промірному судні (ПС) в блок 12 попередньо вводять завдання для даного ПС - координати точок промірних галсів, орієнтирні курси.

В процесі роботи в блок 12 надходять дані: з блоку 13 – поточні координати ПС, з блоку 14 – курс ПС, значення обертів двигуна ПС, значення крену і диференту ПС; з блоку 15 – значення виміряних глибин, з блоку 10 через блок 7 і блок 2 – дані про напрямок і силу вітру, температуру повітря і води, рівень води, поправки в координати промірних точок при перепрограмуванні галсів та ін. Після того, як промірне судно вийшло на початкову позицію по команді блока 1 через блоки 7 і 10 вмикаються всі блоки системи II промірного судна. Блоком 12 приймається поточна інформація від блоків 14, 15 і 13. Блок 13 дистанційно отримує інформацію від сузір'я супутників і диференційної станції GPS III. В результаті обробки отриманої інформації в блоці 12 визначається шлях ПС і прогнозується курс ПС, який через блок 11 передається в блок 17 для виконання. Дані про місцезнаходження судна і виміряні глибини із блока 12 через блоки 10 і 7 передаються в блок 2. Дані про команди блока 11, переданих в блок 12 і 17, і їх виконання повідомляюся в блок 1.

За описаною схемою всі дані про місцезнаходження безпілотних промірних суден і виміряні глибини в координованих точках передаються в блок 2, в якому виконується завершальна обробка даних (прирівнюються координати і глибини, оцінку точності і т. п.) та результати передаються в блок 8, який формує цифрову карту рельєфу дна промірної ділянки водойми на основі геодезичної опорної мережі, інформація про яку вводиться з блоку 4 за вимогою блока 2. Отримана цифрова карта (план) з блоку 8 надходить в блок 9 для запису і зберігання.

## Результати

Таким чином, запропонована система дозволяє підвищити рівень автоматизації промірних робіт, скоротити витрати пального, матеріалів і за рахунок цього отримати суттєвий техніко-економічний ефект [8].

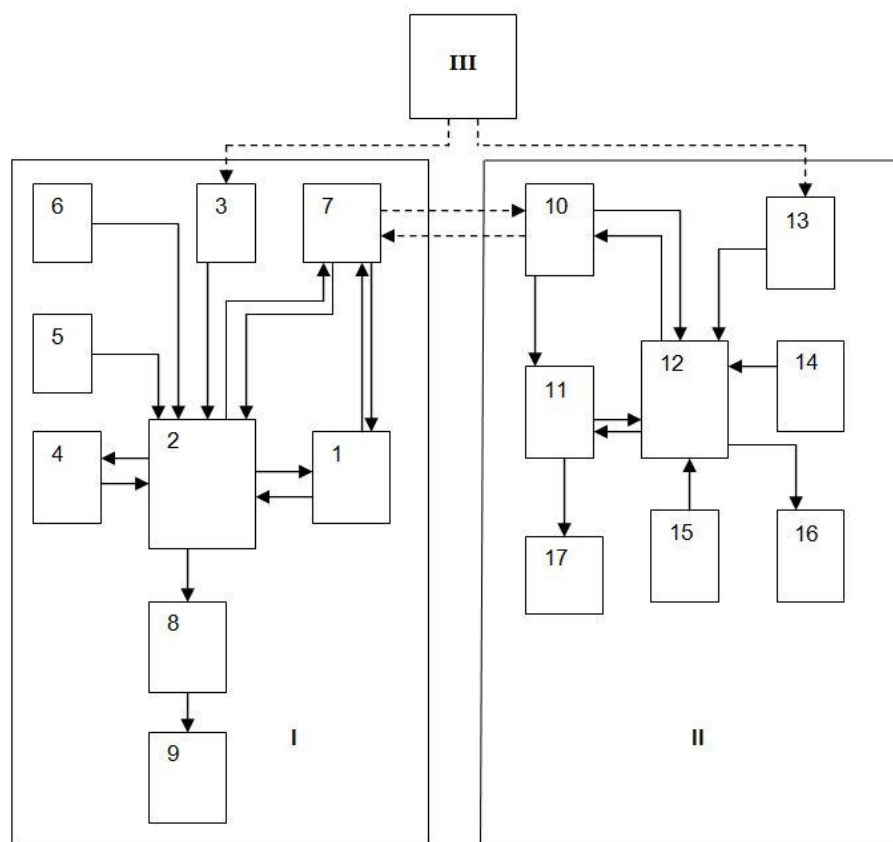


Рис. 2. Схема безпілотної автоматизованої системи проміру:

I– Блоки системи автоматизованого проміру (САП) на центральній станції (ЦС):

- 1 – блок керування ЦС;
- 2 – блок обробки інформації;
- 3 – приймач GPS;
- 4 – програмний блок;
- 5 – датчики водомірних постів;
- 6 – датчики зовнішніх метеоумови (вітер, температура, вологість і т.д.);
- 7 – прийомо-передавач радіозв'язку;
- 8 – формувач цифрової карти;
- 9 – блок запису і зберігання інформації;

II– Блоки системи безпілотного проміру (СБП) на промірному судні (ПС):

- 10 – прийомо-передавач радіозв'язку;
- 11 – блок керування ПС;
- 12 – блок обробки інформації;
- 13 – приймач GPS;
- 14 – навігаційний блок;
- 15 – ехолот;
- 16 – блок запису і зберігання інформації.

III– Диференційна станція GPS.

## Література

1. Чалов Р.С. Русловые исследования / Р. С. Чалов – М. : Изд-во МГУ, 1995. – 106 с.
2. Фирсов Ю. Г. Цифровые модели рельефа дна в электронной гидрографии. / Ю. Г. Фирсов. // Геодезия и картография. – 2008. – № 4. – С. 45 – 53.
3. Фирсов Ю. Г. Современная гидрография и морские электронные карты. / Ю. Г. Фирсов. // Геодезия и картография. – 2006. – № 11. – С. 25 – 32.
4. Гофманн – Велленгоф Б. Глобальна система визначення місцеположення (GPS). Теорія і практика. / Б. Гофманн - Велленгоф, Г. Ліхтенгер, Д. Коллінз; пер. з англ. третього видання під ред. Я.С. Яцківа – Київ: Наук. думка, 1995. – 231 с.

5. Руководство по топографической съемке шельфа и внутренних водоемов. – ГКИНП-11-157-88. – М., ЦНИГАиК, 1989. –515 с.
6. Пат. 82794 Україна, МПК (2006) G01B 7/004. Спосіб GPS - визначення координат рухомого об'єкта / В. О. Боровий, В. Г. Бурачек, Л. С. Мамонтова, О. В. Надточій; заявник та патентовласник Чернігівський державний інститут економіки і управління. – № а 2007 02081; заявл.27.02.2007; опубл.12.05.2008. Бюл.№9.
7. Пат. 82811 Україна, МПК (2006) G01S 15/00. Система безпілотного проміру / В. Г. Бурачек, Л. С. Мамонтова, С. І. Слабак; заявник та патентовласник Чернігівський державний інститут економіки і управління. – № а 2007 08032; заявл.16.07.2007; опубл.12.05.2008. Бюл.№9.
8. Пат. 82812 Україна, МПК (2006) G01S15/00. Спосіб виконання промірних робіт / В. Г. Бурачек, Л. С. Мамонтова, С. І. Слабак; заявник та патентовласник Чернігівський державний інститут економіки і управління. – № а2007 08035; заявл.16.07.2007; опубл.12.05.2008. Бюл.№9.

**Аннотация.** Л. С. Мамонтова, С. Д. Крячок **Беспилотная автоматизированная система промера глубин рек.** В статье рассматривается беспилотная автоматизированная система промера глубин рек, которая основана на комбинировании дифференциального метода GPS-определения координат промерного судна с методом эхолотирования и методом радиуправления судном. По координатам промерного судна и данным эхолотирования на центральной станции формируется цифровая карта рельефа дна промерного участка водоема и контролируется местонахождение промерного судна на галсах. Предложенная система позволяет повысить уровень автоматизации промерных работ.

**Ключевые слова:** автоматизированная система, координаты, промер глубин, цифровая карта рельефа дна.

**Abstract.** L. Mamontova, S. Kryachok **The no-fly automated system of small rivers` depth`s measurement.** The no-fly automated system of small rivers` depth`s measurement which is based on a combination of a differential method GPS-definition of the pro-measured vessel`s coordinates both the method of depth`s measurement with sonic depth finder and the method of the vessel`s management was examined in this article. On the central station the digital card with a relief for a pro-measured zone of the reservoir is formed and the position of a pro-measured vessel on the tacks is controlled thanks to the coordinates of a pro-measured vessel and depth`s measurements with sonic depth finder. The offered system allows to raise the level of depth`s pro-measured works.

**Keywords:** automated system; coordinates ;depth`s measurements ;digital card;bottom`s relief.

Поступила в редакцию 07.02.2014 г.