

УДК 528

## Метод дистанційного зондування рельєфу дна водних об'єктів з використанням GPS

Л.С. Мамонтова

Чернігівський національний технологічний університет

*Розглядається безпілотний метод автоматизованого проміру глибин річок, заснований на комбінуванні диференціального метода GPS-визначення координат промірного судна з методом лунолотування та методом радіокерування судном. По координатах промірного судна та даним лунолотування на центральній станції формується цифрова карта рельєфу дна промірної ділянки водойми і контролюється місцезнаходження промірного судна на галсах. Запропонований метод дозволяє підвищити рівень автоматизації промірних робіт.*

**МЕТОД ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ РЕЛЬЕФА ДНА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ GPS,** Мамонтова Л.С. — рассматривается беспилотный метод автоматизированного промера глубин рек, основанный 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. Предложенный метод позволяет повысить уровень автоматизации промерных работ.

**A METHOD FOR REMOTE SOUNDING OF A BOTTOM RELIEF OF WATER OBJECTS WITH USING GPS,** by Mamontova L.S. — 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.

**Ключевые слова:** дистанционное зондирование гидросферы; координаты; промер глубин; цифровая карта рельефа дна.

**Key words:** remote sounding; automated system; coordinates; depth's measurements; digital map; bottom's relief..

### 1. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Для дослідження динаміки рельєфу дна водойм та ряду інших практичних завдань гідрології 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 труднощістю проведення промірів [1, 2, 3].

Дистанційне зондування гідросфери вимагає розробки нових методів та досконалого обладнання, що може забезпечити високу точність зйомки рельєфу дна водних об'єктів.

### 2. АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

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

Останні досягнення техніки і перш за все застосування методів супутникового позиціонування в системах GPS і ГЛОНАСС різко підвищили 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 для визначення координат промірних точок, поєднуючи прилади в комплексі з комп'ютером і формуванням рельєфу дна у цифровому вигляді.

В якості прикладу можна навести метод дистанційного зондування, який реалізовано в промірному гідрографічному комплексі Simrad на базі багатопроменевого ехолота EM-3000 та засобів GPS, 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. Спеціалізовані ГІС Igar 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, тривимірне зображення рельєфу дна, побудову профілів дна вздовж промірних галсів [2, 3].

### 3. НЕВИРІШЕНІ ЧАСТИНИ ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ

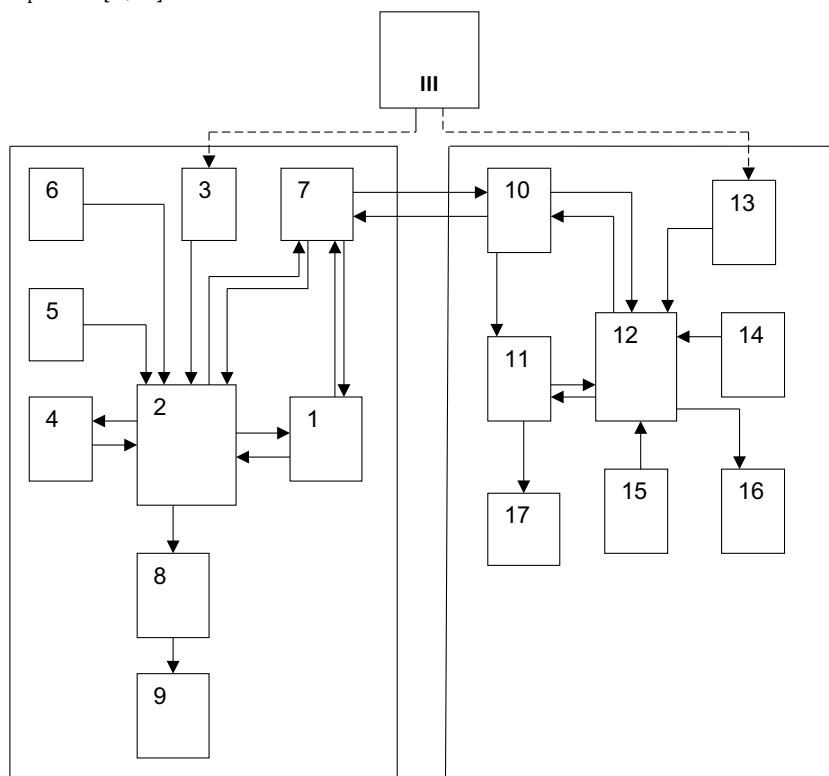
Під час виконання промірів за наявності хвиль, вібрації корпусу судна та інших завад однією з важливих складових точності промірів є точність визначення координат промірних вертикалей. GPS-засоби широко використовуються на різних видах транспорту: морському, повітряному, наземному та забезпечують необхідну навігаційну точність визначення координат рухомого складу. Для виконання вимірювань геодезичної точності — таких як проміри, існуючі навігаційні методи мають низьку точність. Умови GPS вимірювань на водоймах ускладнюються такими факторами, як наявність берегових схилів, лісових насаджень поблизу водойми, що може знизити точність визначення координат промірної вертикалі. Крім того, наявність течії, поривчастий вітер змінного напрямку ускладнюють вихід судна на задані галси.

### 4. ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Підвищення точності GPS визначення координат судна в наведених умовах та вихід його на задані промірні галси є актуальною і достатньо складною задачею, що необхідно враховувати під час проектування промірних комплексів.

### 5. ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

В [7] запропоновано метод виконання промірних робіт, заснований 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. Запропонований метод може бути реалізований системою безпілотного автоматизованого проміру, схема якого наведена на рис. 1 [6, 7].



**Рис. 1.** 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 метеорологічних умов (вітер, температура, вологість і т.п.); 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; 17 — блок двигуна та керування штурвалом; III — диференційна станція GPS.



визначення координат рухомого об'єкта під час мобільної дистанційної зйомки [7].

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 кодовими значеннями координат для кожної антени лінійки. Ці сигнали надходять в блок обробки інформації 6, в якому виконуються розрахунки уточнених координат об'єкту на місцевості.

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 [8]. Це дозволяє автоматизувати процес промірів і обробки даних безпосередньо на промірному судні.

## 6. ВИСНОВКИ

Таким чином, запропоновано автоматизований метод безпілотного проміру дозволяє підвищити точність та рівень автоматизації дистанційного зондування дна водних об'єктів, скоротити витрати пального, матеріалів і за рахунок цього отримати суттєвий техніко-економічний ефект [6].

1. Чалов Р.С. Руслловые исследования. — М.: Изд-во МГУ, 1995. — 106 с.
2. Фирсов Ю.Г. Цифровые модели рельефа дна в электронной гидрографии // Геодезия и картография. — 2008. — № 4. — С. 45–53.
3. Фирсов Ю.Г. Современная гидрография и морские электронные карты // Геодезия и картография. — 2006. — № 11. — С. 25–32.
4. Гофманн-Велленгоф Б., Лихтенггер Г., Коллінз Д. Глобальна система визначення місцеположення (GPS). Теорія і практика. — Київ: Наук. думка, 1995. — 231 с.
5. Руководство по топографической съемке шельфа и внутренних водоемов. — ГКИНП-11-157-88. — М., ЦНИ-ГАиК, 1989. — 515 с.
6. 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. — № а2007 08032; заявл. 16.07.2007; опубл. 12.05.2008. Бюл.№ 9.
7. 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.
8. 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.

Надійшла до редакції 19.11.2014