

РЕАЛІЗАЦІЯ ДЕЦИМЕТРОВОГО ПОЗИЦІОНУВАННЯ В ТЕХНОЛОГІЯХ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА, ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБРОБКИ ҐРУНТУ

Татарінович Б. А.¹, Піскарьов О. М.²

¹НПФ Геоінформатика

²Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Спроба практичної реалізації підвищення ефективності обробки ґрунту за рахунок впровадження дециметрового позиціонування в технологіях точного землеробства.

Постановка проблеми. Системи точного землеробства (СТЗ) отримують все більше визнання і розповсюдження. Вони засновані на новому погляді на сільське господарство, при якому сільськогосподарське поле, неоднорідне за рельєфом, ґрунтовим покриттям та агрохімічним змістом вимагає застосування на кожній ділянці найбільш ефективних агротехнологій. СТЗ спрямовані на підвищення продуктивності, зменшення собівартості продукції та збереження навколишнього середовища.

В основі наукової концепції СТЗ лежать уявлення про існування неоднорідностей в межах одного поля, для оцінки і детектування яких використовуються новітні технології, такі як системи глобального позиціонування (GPS, ГЛОНАСС), спеціальні датчики, аерофотозйомка і зйомка зі супутників, а також спеціальні програми для агроменеджменту на базі геоінформаційних систем (ГІС).

Основні матеріали статті. Для реалізації СТЗ необхідне визначення координат у реальному масштабі часу. При цьому достатнім є дециметровий рівень точності визначення координат сільськогосподарської техніки. Передбачається постійно фіксувати температуру ґрунту, приземного шару і повітря, швидкість вітру, кількість опадів і т.п. у вузлових точках польових територій і передавати цю інформацію по GSM-каналі стільникового зв'язку.

GPS-приймачі можна розділити на два класи: навігаційні та геодезичні. Навігаційні приймачі дозволяють користувачеві визначати свої координати з точністю 5 - 10 метрів. За допомогою геодезичних приймачів може бути досягнутий сантиметровий рівень точності, однак при цьому необхідно реалізувати так званий диференційний режим роботи. Для реалізації цього режиму потрібно, як мінімум, два приймача. Один GPS-приймач називають базовою станцією і жорстко встановлюють на пункті з відомими координатами. Сформована базовою станцією коригуюча інформація розміщується на NTRIP серверу. Доступ до цих даних може бути здійснений за допомогою мобільного комунікатора через GPRS канал. Навігаційний приймач зв'язується з комунікатором через Bluetooth або COM-порт і одержує від нього диференційні поправки у форматі RTCM. Обчислені координати та допоміжна інформація передається з приймача в комунікатор у форматі NMEA. Встановлене в комунікаторі спеціалізоване ПЗ відповідає за організацію перерахованих вище операцій. Схематично на рис. 1 показаний принцип роботи навігаційного приймача в такому режимі.

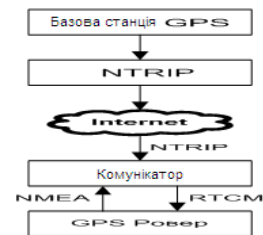


Рисунок 1 - Принцип роботи навігаційного приймача в диференційному режимі

Ntrip (Мережева передача RTCM-поправок за допомогою Internet-протоколу) структура Ntrip представлена на рис.2. Ntrip-сервер обчислює поправки і передає їх за допомогою мережі інтернет на Ntrip-маршрутизатор, де вони стають доступними. На базі технології бездротового Internet була створена система, що складається з 3-х компонентів: Ntrip-маршрутизатора (NtripCaster), системи збору інформації (Ntrip-сервер), і одержувача інформації (Ntrip-клієнт). Дані компоненти виконують завдання з одночасного обчислення і передачі даних користувачам. Зв'язок між окремими компонентами здійснюється за допомогою формату Ntrip (TCP-протокол на основі HTTP).

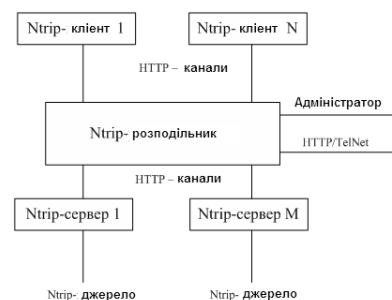


Рисунок 2 - Структура Ntrip

Користувачі можуть одержувати дані за допомогою звичайного комп'ютера, ноутбука, смартфона або GPS-приймачів. Ntrip може використовуватися для розповсюдження даних у будь-якому форматі, наприклад, у форматах стандарту RTCM V2.1/2.2/2.3/3.0, Leica, CMR і т. д.

Мобільний приймач звертається до IP-порту на сервер і може запросити дані від так званої опорної точки (mount point) або запитати список опорних то-

чок. Наприклад, опорні точки можуть бути джерелами RTK і DGPS даних від різних базових станцій, джерелом мережевих даних у форматі RTCM V3.0 і мережевих поправок, джерелом скоректованих RTK-даних. При використанні Ntrip середній час затримки передачі сигналу складає від 1 до 3 секунд, рекомендується використовувати стандарт GPRS.

Інтерфейс обміну даними більшості портативних GPS-приймачів реалізований у відповідності зі специфікацією NMEA. Всі NMEA-повідомлення складаються з послідовного набору даних, розділених комами. Кожне окреме повідомлення не залежить від інших і є повністю "завершеним". NMEA-повідомлення включає заголовок, набір даних, представлених ASCII-символами, і поле для перевірки достовірності переданої інформації. Заголовок стандартних NMEA-повідомлень складається з 5 символів, з яких два перших визначають тип повідомлення, а решту три - його назва.

Експериментальне дослідження точносних характеристик місцевизначення користувача з використанням локальних і широкозонних поправок проводилося на різних відстанях від ККС РПКНП-1 (м. Харків). Місця проведення експериментів вибиралися таким чином, щоб дослідження проводилися всередині мені оґоугольніка утвореного ККС. Це пов'язано з тією обставиною, що зона дії ширококутного диференціальної корекції обмежується сторонами багатокутника, у вершинах якого встановлені ККС. Тому велика частина експериментальних досліджень проводилася в західному і південному напрямках щодо ККС РПКНП-1. Таким чином, експериментальні дослідження точносних характеристик місцевизначення користувача з використанням локальних і широкозонних поправок проводилися в наступних населених пунктах: Харків (відстань від ККС РПКНП-1 - 7 км), Липці (- 20 км), Люботин (- 30 км), Валки (- 50 км), Красноград (- 90 км) та Зачепилівка (- 110 км).

Крім того, в Чугуївському районі Харківської області на відстані близько 40 км від ККС РПКНП-1 був додатково проведений експеримент з дослідження точносних характеристик місцевизначення користувача при використанні локальної диференціальної корекції.

Склад випробувального стенду. Для оцінки точносних показників місцевизначення користувача при відпрацюванні технології локальної та ширококутного диференціальної корекції був розроблений випробувальний стенд, що складається з наступних елементів (рис.3): 1 - навігаційний GPS-приймач; 2 - зовнішня GPS-антена; 3 - зовнішні модулі bluetooth; 4 - мобільний комунікатор з встановленим програмним забезпеченням NtripClient; 5 - джерело живлення; 6 - інтерфейсні кабелі.

Експериментальні дослідження проводилися з використанням навігаційного GPS-приймача: FX324 Мар фірми Magellan. Координати визначаються точок записувалися у внутрішню пам'ять GPS-приймача. Зв'язок між мобільним комунікатором і GPS-приймачем здійснювалася за технологією bluetooth. При цьому використовувалося 2 зовнішніх bluetooth модуля - Parani SD 100. Один з модулів застосовувався для введення RTCM поправок в приймач. Другий мо-

дуль для видачі з приймача повідомлень у форматі NMEA. Обидва модулі підключалися до зовнішніх портів приймача за протоколом RS232.

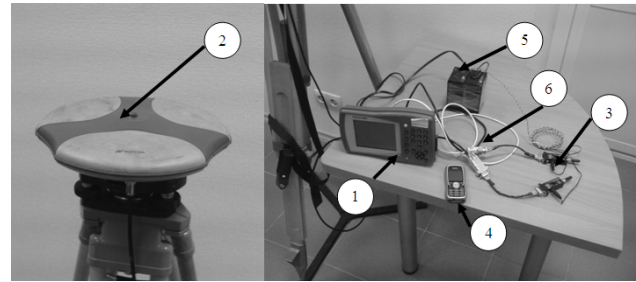


Рисунок 3 – Випробувальний стенд

Для передачі ДКИ з Ntrip кастер використовувався мобільний комунікатор з програмним забезпеченням NtripClient. Зв'язок з кастер здійснювалася по GPRS каналу. Крім того, у внутрішню пам'ять комунікатора записувалися результати вимірювання координат визначаються точок. При проведенні експериментальних досліджень в якості мобільного комунікатора використовувався смартфон Nokia 5500 Sport з операційною системою Symbian OS 9.1.

Оцінка точносних показників місцевизначення користувача при відпрацюванні технології локальної та ширококутного диференціальної корекції. Обробка результатів здійснювалася наступним чином. За допомогою програмного забезпечення Pinnacle фірми Topcon Positioning Systems в режимі післясеансній обробки проводився розрахунок координат точки, на якій встановлювався навігаційний приймач. Отримані таким чином координати приймалися в якості еталонних значень. Координати, виміряні навігаційним приймачем в диференціальному режимі (як при використанні локальної диференціальної корекції, так і при використанні ширококутного диференціальної корекції) порівнювалися з еталонними значеннями. На кожній точці визначається навігаційним приймачем вироблялося сто вимірювань координат з інтервалом 2 хвилини між вимірами.

Для вирішення більшості завдань потрібна знаходження планових координат. У зв'язку з цим основна увага акцентувалася на оцінці визначення планових координат. Для цього виміряні і еталонні значення координат трансформувалися з картографічної системи координат (XYZ) в локальну систему координат (XУН), отриману на основі поперечно-циліндричної проекції Меркатора.

Далі проводилися наступні обчислення. Визначалися розбіжності по кожній координатній компоненті:

$$\Delta X = X_{\text{ет}} - X_{\text{изм}}, \Delta Y = Y_{\text{ет}} - Y_{\text{изм}},$$

де $X_{\text{ет}}, Y_{\text{ет}}, H_{\text{ет}}$ - еталонне значення координат;

$X_{\text{изм}}, Y_{\text{изм}}, H_{\text{изм}}$ - виміряне значення координат.

Розбіжність в плані виміряних і еталонних значень координат обчислювалася за формулою:

$$\Delta XY = \sqrt{(\Delta X)^2 + (\Delta Y)^2}.$$

Крім цього, обчислювали середні значення координат точки за всіма вимірами і перебували середні розбіжності:

$$\Delta X_{cp} = X_{эм} - X_{cp}, \Delta Y_{cp} = Y_{эм} - Y_{cp},$$

$$\Delta H_{cp} = H_{эм} - H_{cp}, \Delta XY_{cp} = \sqrt{(\Delta X_{cp})^2 + (\Delta Y_{cp})^2},$$

Також були визначені середньоквадратичне відхилення (СКО) оцінюваних координат щодо їх середніх значень

$$\sigma_{XY} = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^N \left((X_n - X_{cp})^2 + (Y_n - Y_{cp})^2 \right)}{N-1}}$$

представлено на рис.4.

За результатами проведених експериментів побудовані графіки залежності середньоквадратичної помилки визначення планових координат від відстані до ККС РПКНП-1 при використанні локальної та широкутного диференціальних корекцій.

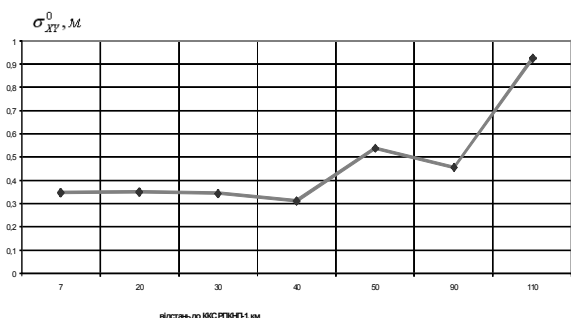


Рисунок 4 - Залежність середньоквадратичної помилки визначення планових координат від відстані до ККС РПКНП-1 при використанні локальної диференціальної корекції

Таким чином, навігаційним GPS-приймачем, що використовує локальні і широкозонні поправки, можна визначити планові координати з точністю дециметровому на відстанях до 50 км від базової станції. На відстанях понад 100 км може бути досягнутий метровий рівень точності вимірювання планових координат. Висотна складова координат може бути виміряна з метровим рівнем точності.

Передача користувачам диференційно-корегуючої інформації повинна здійснюватися в режимі реального часу і з максимальним охопленням території. Для цих цілей використовується мережа Internet, через яку інформація кінцевому користувачеві буде передаватися по протоколу Ntrip з використанням кастер, доступ до даних кастер буде здійснюватися за допомогою спеціалізованих контролерів через GPRS / EDGE канали операторів стільникового зв'язку з використанням ПЗ Ntrip-Client.

Висновки. На даний момент часу необхідність у визначенні координат точок з метрового і дециметрового рівнем точності виникає при вирішенні завдань пов'язаних з лісовпорядкування, сільським господарством, моніторингом стану навколишнього середовища та ін.

Розглянуто кілька типів навігаційних GPS-приймачів, які можна використовувати в диференційному режимі. Проведено аналіз програмного забезпечення призначеного для передачі коригувальних поправок зNtrip кастер в GPS-приймач.

Представлені результати експериментального дослідження залежності точності визначення місцезнаходження користувача в залежності від відстані до ККС. З результатів випливає, що на відстанях до 50 км може бути досягнутий дециметровий рівень точності визначення планових координат. При відстанях до ККС більше 100 км може бути досягнутий метровий рівень точності визначення планових координат.

Список використаних джерел

- 1 Горб А.И. Анализ программного обеспечения постобработки GPS-измерений в сети перманентных станций / Р. В. Нежальский, Р. Н. Федоренко // Авиационно-космическая техника и технология. – 2005. – №. 3. – С. 70–76.
- 2 Банькин В. Ресурсосберегающие технологии как способ эффективного земледелия / В. Банькин // Достижения науки и техники АПК. - 2005. -№12 . - С. 39–40.

Аннотация

РЕАЛИЗАЦИЯ ДЕЦИМЕТРОВОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ, КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Татаринович Б. А., Пискарев А. Н.

Попытка практической реализации повышения эффективности обработки почвы за счет внедрения дециметрового позиционирования в технологиях точного земледелия.

Abstract

THE INTRODUCTION OF UHF POSITIONING TECHNOLOGY PRECISION AGRICULTURE AS A MEANS OF MORE EFFICIENT PROCESSING OF SOIL

B. Tatarinovich, A. Piskarev

Trying to improve the practical implementation of tillage by introducing decimeter positioning technologies in precision farming.