

УДК 631.315:629.783:525

НАВІГАЦІЙНІ СИСТЕМИ В ТЕХНОЛОГІЯХ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

О. М. Вечера, І. Л. Роговський, С. І. Пастушенко

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

Кореспонденція авторів: olegv@meta.ua.

Історія статті: отримано – березень 2018, акцептовано – травень 2018.

Бібл. 8, рис. 3, табл. 0.

Анотація. Проведено аналіз сучасного стану використання навігаційних систем в технологіях точного землеробства для зменшення витрат та ефективного використання сільськогосподарської техніки.

Ключові слова: точне землеробство, навігаційні технології.

Постановка проблеми

Застосування високих технологій і особливо навігаційних технологій дає особливо вражаючий результат у тих галузях народного господарства, які вважаються найбільш відсталими й депресивними. Щодо цього сільське господарство нашої країни - поза конкуренцією, але, незважаючи на це, національний бізнес починає широке впровадження інформаційних технологій у сільському господарстві. Спроби налагодити ефективне й осмислене управління в сільському господарстві натрапляють на масу перешкод. У першу чергу це відсутність достовірних відомостей, як про місцевість, так і про характер землекористування і його режим.

Аналіз останніх досліджень

Керівники великих господарств найчастіше навіть не знають точних розмірів власних посівних площ, що обумовлено їхньою постійною зміною, у силу різного роду природних й адміністративних процесів. Відновлення картографічного матеріалу, що раніше здійснювалося на гроші держави, практично припинилося. Робота здійснюється на підставі карт 10-15 літньої давнини, що не відбиває реальності сьогодення. Крім того, змінюються характеристики ґрунтів і вегетації на різних ділянках полів, а також від ділянки до ділянки. Ці дані, по-перше, повинні бути в розпорядженні фахівців для прогнозу й аналізу врожайності, а, по-друге, лежати в основі агротехнічних планів стосовно кожного конкретного поля або ділянки, у противному випадку втрат і неефективних витрат уникнути не вдасться.

Ще одним джерелом значних «зайвих» витрат являється неефективне використання

сільськогосподарської техніки. Зниження цих витрат можливо по наступним напрямкам:

- автоматизований облік всіх переміщень техніки, розрахунок пробігу й оброблених площ;
- виключення розкрадань паливно-мастильних матеріалів (ПММ) (введення системи моніторингу за витратами ПММ);
- визначення оптимальних маршрутів транспортування техніки від бази до оброблюваних полів;
- визначення оптимальних маршрутів доставки врожаю до пунктів прийому;
- контроль за швидкістю переміщення техніки при виконанні польових робіт.

Комплексні технології виробництва сільськогосподарської продукції, що одержали назву «точне землеробство» (Precision Farming), почали активно розвиватися за кордоном ще наприкінці 90-х років, і визнані світовою сільськогосподарською наукою як досить ефективні передові технології, що переводять аграрний бізнес на більш високий якісний рівень.

Мета досліджень

Комплексні технології виробництва сільськогосподарської продукції є інструментом, що забезпечує рішення трьох основних задач, що зумовлюють успіх в умовах сучасного ринку – наявність своєчасної об'єктивної інформації, здатність прийняти вірні управлінські рішення й можливість реалізувати ці рішення на практиці. Рішення цих трьох взаємозалежних задач можливо за рахунок застосування спеціалізованих технічних засобів, навігаційних технологій і програмного забезпечення.

Результати досліджень

Максимальна ефективність досягається в результаті побудови комплексу програмно-технічних засобів (КПТЗ), що включає наступні підсистеми:

- Апаратні засоби для точного землеробства:
 - системи паралельного водіння основі GPS навігації;
 - пробовідбірники й ґрунтовий аналіз;

- системи диференційованого внесення;
- датчики врожаю.

Моніторинг сільськогосподарських угідь:

- моніторинг границь робочих ділянок полів;
- агрохімічний моніторинг полів;
- складання карт врожайності;
- аналіз умов місцевості.

Моніторинг техніки:

- автоматизований збір даних на основі GPS навігації;

- візуалізація переміщень техніки;
- оперативний облік сільськогосподарських робіт.

Технологічне планування й управління:

- техніко-економічне планування;
- оперативне планування;
- оперативний облік сільськогосподарської продукції.

Бюджетування й фінансовий облік:

- бюджетування й фінансовий облік;
- фінансовий аналіз;
- надання фінансових звітів і консолідація даних.

Публікація й доступ до даних через Internet.

Отже мова йде про створення комплексу апаратно-програмних засобів, що дозволяють накопичувати об'єктивну інформацію, аналізувати її та приймати швидкі та ефективні рішення.

За прогнозами світовий ринок точного землеробства до 2025 року досягне \$10,23 млрд і щороку буде рости на 16%. Україна - не виняток.

Точними технологіями покриті не більше 15% українських сільгоспугідь, з урахуванням обладнання, яке йде в комплекті з технікою, додаткового обладнання, різних навісів на агрегати і техніку, сервісів, послуг, програмних продуктів, дронів, обсяг ринку точного землеробства в Україні становить приблизно \$ 60-70 млн.

Сьогодні українські аграрії за рівнем технологій не набагато відстають від решти світу. В Україні впроваджується те, що випробувано в інших країнах. Створювати, тестувати, вимірювати ефективність нових технологій вже не потрібно, українські аграрії беруть і використовують кращі зарубіжні практики. Тому технологічний розрив в точному землеробстві невеликий і ніяк не заважає показувати високі результати.

ТОП-10 технологій точного землеробства в світі, які вже прийшли і в Україні.

GPS-системи і GNSS-навігація.

Практично в кожному господарстві вже працюють інструменти, засновані на GPS. З тих пір, як в 1990-х роках сільське господарство отримало доступ до супутників визначення місця розташування, оператори і виробники знайшли різні способи зв'язати ці інструменти, щоб зробити роботу на місцях набагато простіше і точніше. Навігаційними датчиками сьогодні обладнані практично всі одиниці техніки - від трактора і комбайна до дрона.

Сьогодні в світі все частіше використовують більш масштабну технологію навігаційних супутникових систем GNSS. Вона охоплює різні системи, включаючи GPS, ГЛОНАСС і Galileo.

Мобільні аксесуари для контролю за посівами.

Розвиток точного землеробства сьогодні практично неможливий без гаджетів. За допомогою смартфона, планшета або навіть розумних годин можна стежити за станом посівів, проводити діагностику поля, отримувати дані GPS, буквально сидячи на дивані.

Для цього існує безліч мобільних додатків, спеціальних програм, які дозволяють економити фермерам час і гроші.

Дрони, роботи і керована техніка.

Роботи вже частково витіснили з полів людську працю. Вони вміють засівати, збирати урожай, обрізати виноградники, поливати, обробляти ґрунт, вносити добрива.

Але найбільшого прогресу вдалося досягти в дистанційному управлінні сільгосптехніки. Оператор може керувати сидячи в офісі. Існують і так звані розумні машини, здатні слідувати за трактором. Наприклад, інженери компанії Kinze створили автономну систему зернового кошика, призначену для підключення до будь-якого трактора.

Іригаційні системи (системи поливу).

Інновації в прецизійних іригаційних технологіях стають ще більш актуальними, оскільки виробники стикаються з нестачею води через посуху і виснаженням водоносних горизонтів. Одне з останніх досягнень в цій області - телеметрія, завдяки якій аграрії можуть дистанційно контролювати практично весь процес поливу просто тримаючи перед собою планшет або смартфон зі спеціальним ПО. Системи економлять воду, час, паливо і запчастини для транспортних засобів.

У майбутньому виробники зможуть інтегрувати в свої системи моніторинг вологості ґрунту, дані про погоду і поливі.

Ось одна з останніх зрошувальних розробок: крапельна лінія витягується через поле за допомогою центрованої або лінійної системи зрошення, а вбудовані обприскувачі забезпечують рівномірну структуру по всій довжині зрошуваної області. Вода доставляється безпосередньо на поверхню ґрунту, випаровування і дрейф вітру практично усуваються, що дозволяє більшій кількості води досягти кореневої зони.

Інтернет речей.

Одним з новітніх ключових слів для досягнення точності за останні кілька років став ІТ. Концепція підключення будь-якого пристрою зводиться до того що керувати ним можна за допомогою підключення до Інтернету.

Пов'язані компоненти в сільському господарстві можуть поширюються на польові датчики і аерофотознімки для моніторингу на місцях, можуть також використовуватися в диспетчерських програмах, інструментах взаємодії з продавцями та інших додатках для управління бізнесом.

Сенсори.

Бездротові сенсорні датчики використовуються в точному землеробстві для збору даних про наявність ґрунтових вод, даних про ущільнення ґрунту, родючості, температури листа, індексу площі листа, стан води, місцевих кліматичних даних, зараженні комахами-хворобами.



Рис. 1. Застосування геоінформаційних систем та комп'ютерних засобів супутникового моніторингу у технології точного землеробства.

VRA Seeding (спецтехнологія висіву насіння зі змінною швидкістю).

Технологія висіву насіння зі змінною швидкістю дозволяє виробникам використовувати всі можливості підвищення врожайності, приділяючи особливу увагу факторам, що впливають на зростання насіння. Подібну технологію використовують і для внесення добрив, виставляючи потрібну інтенсивність ходу для кожної культури.

Провісник погоди.

За останні 25 років з'явилося багато важливих технологій в метеорологічному моделюванні. Існує спеціальна платформа ClearAg, здатна проаналізувати погодні умови, стан і температуру ґрунту, і змодельовати варіант вирощування найбільш придатної для регіону культури.

Моделювання азоту.

Внесення добрив зі змінною швидкістю використовується вже давно. Однак в ситуації з внесенням азотних добрив ця система не завжди підходить. Тому розробники SST Software у співпраці з Agronomic Technology Corp створили спеціальний інструмент для управління використанням азоту, щоб вплив на екологію був мінімальним.

Сумісність технологій точного землеробства.

Аграрії, які мають справу з використанням різного обладнання в полях, ратують за те, щоб до вибору техніки ставитися більш відповідально і комплексно. Найчастіше різні технічні одиниці закупаються у різних виробників, а потім з'ясовується, що вони несумісні. Аграрії зацікавлені в онлайн-системі контролю за ефективністю використання різного обладнання на полях.

Наявність електронних карт полів дає можливість вести строгий облік, планування і контроль всіх сільськогосподарських операцій, які базуються на точних відомостях про розмір площ полів, довжини доріг, інформації про рельєф та ін. На підставі електронних карт полів проводиться повний аналіз умов, що впливають на ріст рослин на даному конкретному полі (або навіть на ділянках 100х100 м

або 10х10 м). Карти полів складають основу для одержання структури сівозміни й проведення оптимізації виробництва з метою одержання максимального прибутку, а також раціонального використання всіх ресурсів, що беруть участь у виробництві.

Використовуються наступні способи нанесення границь робочих ділянок полів:

- векторизація границь полів по знімку високої просторової роздільної здатності;
- об'їзд границь полів з використанням GPS устаткування й спеціального програмного забезпечення;
- комбінований спосіб, тобто зважене сполучення перших двох.

У рамках комплексної системи керування сільськогосподарським підприємством електронні карти полів застосовуються для обліку сівозміни, моніторингу рухомих об'єктів, організації перевезень, складання карт врожайності, для дослідження ґрунтів, для статистичного й тематичного аналізу даних, для планування виробничого процесу та ін.

Супутниковий моніторинг полів

Обстеження сільськогосподарських територій виконується з використанням супутникової системи глобального позиціонування (GPS). За даними GPS приймача визначаються фактичні границі полів. Точність вимірів визначається типом GPS приймача, що застосовується, й додатковим устаткуванням.

Виміри полів можуть бути виконані мобільними системами - ноутбук з підключеним GPS приймачем і спеціальним програмним забезпеченням або дистанційно. Для дистанційних вимірів можна використати розгорнуту систему моніторингу техніки з централізованим збором даних. Вибір варіанта визначається вимогами до точності вимірів й оперативності їхнього виконання.

Функціональні можливості підсистеми моніторингу полів:

- створення користувацьких карт полів у векторному форматі;

- коректування поточних карт полів з уточненням їхніх границь, розбивкою або об'єднанням;

- введення GPS даних з контролем якості по кількості використовуваних у роботі супутників і геометрії їхнього положення, що впливає на точність визначення місця розташування;

- відображення на карті в реальному часі одержуваних від GPS даних;

- вимір на карті відстаней і площ; визначення за спрощеною технологією частини поля, обробленого сільгосптехнікою;

- коректування супровідної інформації з кожного поля.

Агрохімічний моніторинг полів. Дані агрохімічного аналізу ґрунтів по кожній робочій ділянці поля можуть бути отримані двома способами:

- у результаті агрохімічних обстежень, виконаних спеціалізованою організацією;

- у результаті власних досліджень із застосуванням пробовідбірників і лабораторій по аналізу проб.

У першому випадку дані вже рознесені по ділянках і необхідно їх ввести у відповідні позиції. Відновлення відомостей агрохімічного стану ґрунтів повинне проводитися не рідше 1 разу на 5 років.

У другому випадку по точкових вимірах програма формує поверхню, яка характеризує розподіл поживних елементів по всій території. Даний метод дозволяє виявити локальні особливості на кожній робочій ділянці, оскільки показує розподіл даних, а не їхнє усереднене значення.

Однак для ряду розрахунків необхідно оперувати єдиними показниками рівня змісту поживних речовин у ґрунті в межах ділянки. Програмне забезпечення дозволяє розрахувати по розподіленому показнику одне значення різними методами. Другий спосіб агрохімічного моніторингу є більш перспективним,

оскільки готує дані для диференційованого внесення добрив.

Складання карт врожайності

Система комп'ютерного моніторингу врожайності - ефективний спосіб визначення змін рівня вологості й врожайності на полях господарства. З урахуванням даних про те, яка ділянка поля принесе більший врожай, виходячи з оптимізації витрат і витягання максимального прибутку, приймається рішення про диференційовану обробку полів. Можлива постановка протилежного завдання - зниження витрат відповідно до потенціалу врожаю на бідних землях. За бажанням, у будь-який момент систему комп'ютерного моніторингу врожайності можна легко перетворити в систему картографування врожайності.

Аналіз різних умов місцевості

На підставі топографічних даних про розташування робочих ділянок полів і паспортів полів система дозволяє визначати наступні показники:

- ухили місцевості (усереднений, поздовжній і поперечний);

- експозиції (напрямок) схилів (на північ, на південь, на схід, на захід);

- ступінь еродованості;

- механічний склад ґрунтів.

Комбінуючи ці відомості з даними агрохімічного стану, картами врожайності, рівнем опадів, поверхневим стоком та ін., можна визначати локальні ділянки, що характеризуються деякою оцінкою: вимиванням або наносом добрив і ЗЗР, заболочуванням або нестатком вологи аж до прогнозування врожайності.

Технологія аналізу даних може забезпечуватися програмними засобами просторового аналізу ГІС різних розробників Карта 2005.

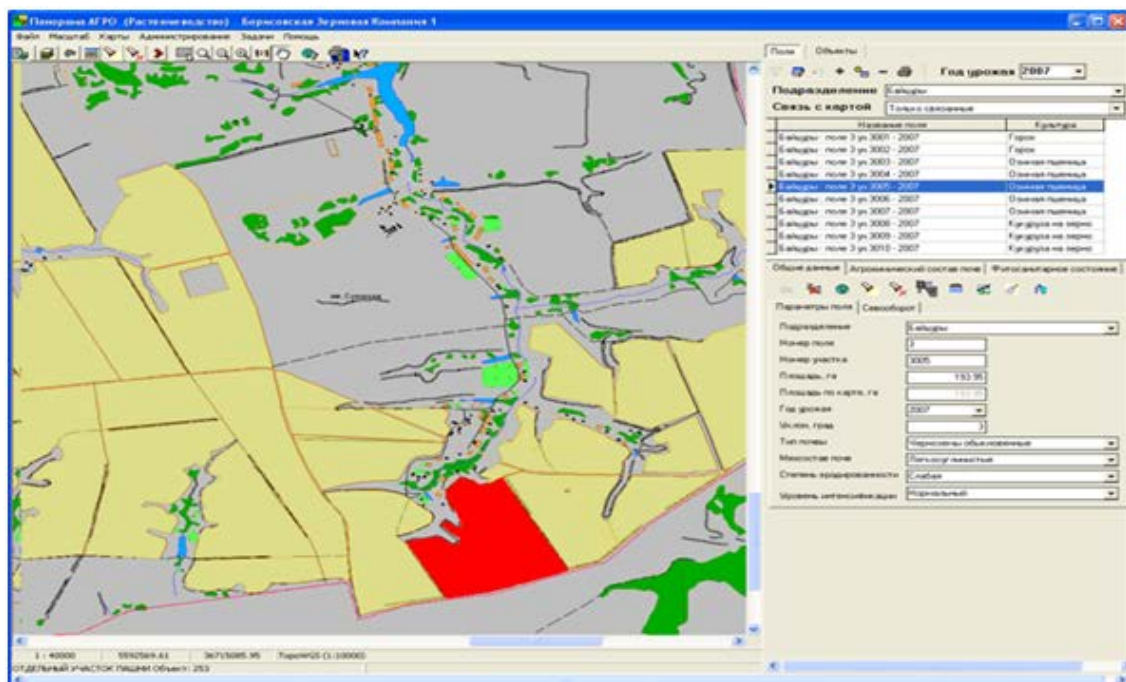


Рис. 2. Створення паспорту поля з використанням ГІС «Панорама АГРО».

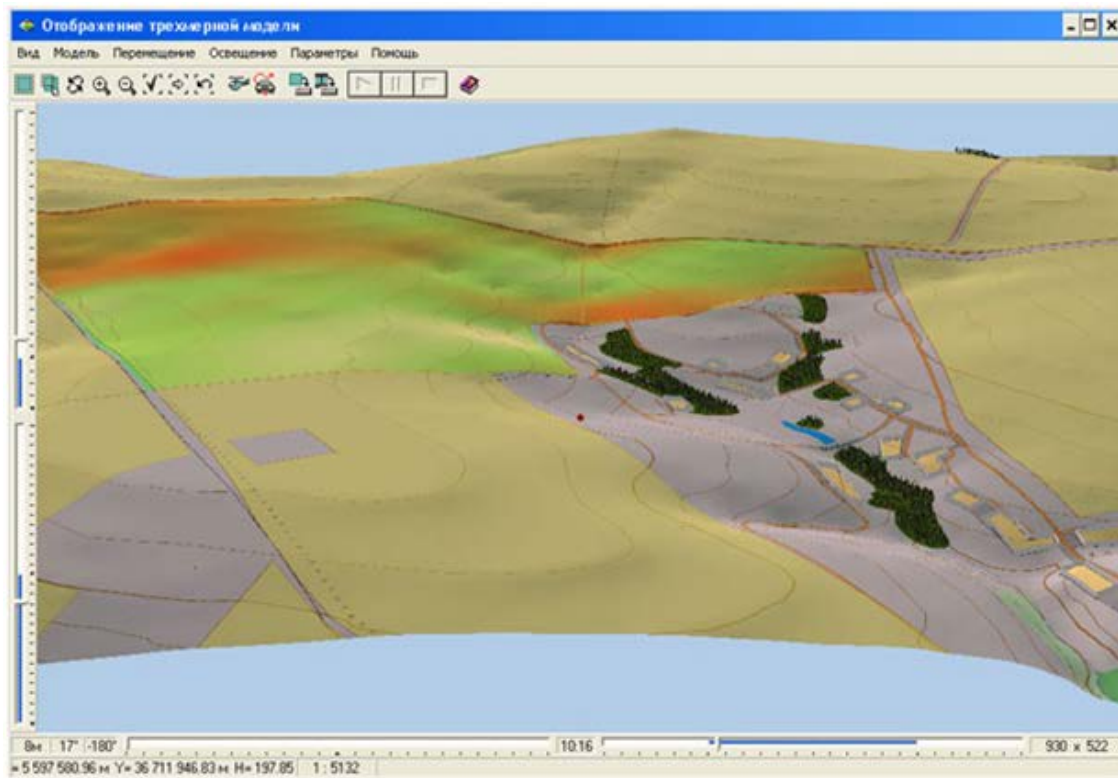


Рис. 3. Карта 2005.

Висновки

1. Користувачу надається широкий спектр потужних функцій просторового моделювання й аналізу. В основі аналізу лежать функції побудови й перетворення векторних даних у матричні (растрові) і навпаки.

2. Просторовий аналіз включає:

- перетворення векторних даних у матричні;
- створення буферних зон по відстані й близькості об'єктів;
- створення карт щільності об'єктів;
- створення безперервних поверхонь по точках;
- побудова ізоліній (інтерполяція), розрахунок кутів нахилу, експозиції схилів, відмивання рельєфу;
- проведення аналізу по матричній карті;
- виконання алгебраїчних операцій і логічних запитів до серії карт і матриць;
- виконання оверлейних операцій (входження, перетинання, близькість).

Список літератури

1. *Аніскевич Л. В.* Тенденції та шляхи розвитку машин для внесення технологічних матеріалів. Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. Харків. 2000. Вип. 1. С. 130–133.

2. *Tryguba, A.* Argumentation of the parameters of the system of purveyance of milk collected from the private farmsteads within a single administrative district. Econtechhod: An international quarterly journal on economics in technology, new technologies and modelling processes. Lublin-Rzeszów. 2014. No 4 (3).

P. 23–27.

3. *Jaynes, D. B., Colvin, T. S., Ambuel, J.* Yield mapping by lectromagnetic induction. Site Specific Management for Agricultural Systems, proceedings of 2-nd international conference, Minneapolis, Minnesota, 1995. 15 p.

4. *Sheets, K. R., Hendrickx, J. M. H.* Noninvasive soil water content measurement using electromagnetic induction. Water resources research. 1995. Vol. 31. No 10. P. 2401–2409.

5. *Corwin, D. L. and Lesch, S. M.* Characterizing soil spatial variability with apparent soil electrical conductivity I. soil survey. Computers and Electronics in Agriculture, 2005. 46. P. 32–45.

6. *Надточій О., Тітова Л., Роговський І.* Аналіз динаміки комбайнового ринку України. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Дослідницьке. 2016. Вип. 20. С. 254–261.

7. *Сеньо П. С.* Випадкові процеси. Львів. Компакт – ЛВ. 2006. 288 с.

8. *Rogovskii I. L.* Analysis of model of recovery of agricultural machines and interpretation of results of numerical experiment. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2016. Вип. 254. С. 424–431.

References

1. *Aniskevich, V. L.* (2000). Trends and ways of development of machines for making technological materials. Bulletin of Kharkov State Technical University of Agriculture. Kharkov. 2000. Vol. 1. 130-133.

2. Try`guba, A. (2014). Argumentation of the parameters of the system of purveyance of milk collected from the private farm-steads within a single administratinve district. Econtechhod: An international quarterly journal on economics in technology, new technologies and modelling processes. Lublin-Rzeszów. No 4 (3). 23-27.

3. Jaynes, D. B., Colvin, T. S., Ambuel, J. (1995). Yield mapping by lectromagnetic induction. Site Specific Management for Agricultural Systems, proceedings of 2-nd international conference, Minneapolis, Minnesota, 15.

4. Sheets, K. R., Hendrickx, J. M. H. (1995). Noninvasive soil water content measurement using electromagnetic induction. Water resources research. Vol. 31. No 10. 2401-2409.

5. Corwin, D. L. and Lesch, S. M. (2005). Characterizing soil spatial variability with apparent soil electrical conductivity I. soil survey. Computers and Electronics in Agriculture. 46. 32-45.

6. Nadtochiy, O., Titova, L., Rogovskii, I. (2016). Analysis of dynamics of combine market of Ukraine. Technical and technological aspects of development and testing of new equipment and technologies for agriculture of Ukraine. Doslidnitske. Vol. 20. 254-261.

7. Senio, P. S. (2006). Random processes: tutorial. Lviv. Compact – LV. 288.

8. Rogovskii, I. L. (2016). Analysis of model of recovery of agricultural machines and interpretation of results of numerical experiment. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kiev. Vol. 254. 424-431.

НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ТЕХНОЛОГИЯХ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

О. Н. Вечера, И. Л. Роговский, С. И. Пастушенко

Аннотация. Проведен анализ современного состояния использования навигационных систем в технологиях точного земледелия для уменьшения расходов и эффективного использования сельскохозяйственной техники.

Ключевые слова: точное земледелие, навигационные технологии.

NAVIGATION SYSTEMS IN PRECISION FARMING

Vechera O. M., Rogovskii I. L., Pastushenko S. I.

Abstract. Analysis of the current state of the use of navigation systems in precision farming technology to reduce costs and efficient use of agricultural equipment.

Key words: precision farming, navigation technologies.