

**RESEARCH OF QUALITY INDICATORS OF GNSS SIGNAL RECEIPT BY NAVIGATION EQUIPMENT OF MACHINE-TRACTOR UNITS**

V. Satsiuk\*, V. Didukh, M. Fedoniuk

*Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine*

AGRICULTURAL MACHINES

**ABSTRACT**

*In the world, precision farming, which is based on geo-information technologies, has become widespread. The precision farming system application ensures a more rational use of cultivated areas and increases the ecological protection of soils. Using the ASN-Agro parallel driving system with the ASN-Agro V1.03 software, the effect of ground obstacles (forest strips, power lines) on the number of satellites, which are within the range of navigation equipment, is investigated in the article. The number of satellites, which are within the range of navigation equipment, and the number of satellites used by the navigation equipment were determined by applying the satellite filter. The quality indicator of signal received by the navigation equipment according to the SNR (signal/noise) indicator were studied. Research of SNR-signals from GNSS satellites was carried out using the GPS Test application. Signals from GPS satellites had the best value of SNR indicators. Machine-tractor units perform technological operations next to forest and power lines, which create interference («radio shadow») for GNSS-signals. The influence of «radio curtains» caused by forest and power lines on the quality of GNSS-signals received by the antenna of the navigation equipment of the machine-tractor unit was examined. The quality of GNSS-signals was evaluated based on indicators of DOP signal accuracy reduction: for location – PDOP; in the horizontal plane – HDOP; in the vertical plane – VDOP. Research on DOP indicators was carried out using the Precision GPS PRO application. The conducted studies established that the greatest impact on indicators of DOP signal accuracy reduction is caused by interference from 200 kV power lines. The highest value of DOP signal accuracy reduction indicators was recorded when the navigator’s antenna was located at a distance of 5 m from the 200 kV power line. If the antenna of the navigation equipment is located at a distance of 25 m or more from the forest, it almost does not affect the indicators of the decrease in the accuracy of the DOP signal.*

**Key words:**

precision farming,  
navigation system,  
satellite,  
navigation equipment,  
machine-tractor unit

**Article history:**

Received 11.09.2022

Accepted 19.10.2022

**\*Corresponding author:**

satsyukvasyl@lutsk-ntu.com.ua

DOI: 10.36910/acm.vi48.880

**To cite this article:**

Satsiuk, V., Didukh, V., & Fedoniuk, M. (2022). Research of quality indicators of GNSS signal receipt by navigation equipment of machine-tractor units. *Agricultural Machines*, 48, 93-99. <https://doi.org/10.36910/acm.vi48.880>

УДК 631.3:629.783

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРИЙОМУ СИГНАЛІВ GNSS  
НАВІГАЦІЙНИМ ОБЛАДНАННЯМ МАШИННО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ****В.В. Сацюк\*, В.Ф. Дідух, М.А. Федонюк***Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна*

AGRICULTURAL MACHINES

**А  
С М М**

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ

**АНОТАЦІЯ**

У світі набуває значного поширення точне землеробство, яке ґрунтується на геоінформаційних технологіях. Застосування системи точного землеробства забезпечує більш раціональне використання посівних площ та підвищує екологічний захист ґрунтів. У статті, використовуючи систему паралельного водіння ASN-Agro із програмним забезпеченням ASN-Agro V1.03, досліджено вплив наземних перешкод (лісосмуг, ліній електропередачі (ЛЕП)) на кількість супутників у зоні дії навігаційного обладнання. Використовуючи супутниковий фільтр встановлено кількість супутників, які знаходяться у зоні дії антени навігаційного обладнання, та кількість супутників, що використовуються навігаційним обладнанням. Досліджено характеристику якості прийнятого сигналу навігаційним обладнанням за показником SNR (сигнал/шум) у розрізі досліджуваних GNSS. Дослідження SNR сигналів від супутників GNSS проводили за допомогою додатку GPS Test. Встановлено, що сигнали від супутників системи GPS мають найкращі показники за параметром SNR. Машинно-тракторні агрегати працюють поряд із лісосмугами та ЛЕП, які створюють перешкоди («радіотіні») для сигналів GNSS. У статті досліджено вплив «радіотіней», що спричинені лісосмугами та ЛЕП 200 кВ на якість сигналів GNSS, які сприймаються антеною навігаційного обладнання. Оцінювання якості сигналів GNSS проводили використовуючи додаток Precision GPS PRO за показниками зниження точності сигналу DOP: за місцем розташування – PDOP; у горизонтальній площині – HDOP; у вертикальній площині – VDOP. За результатами досліджень встановлено, що найбільший вплив на показники зниження точності сигналу DOP мають перешкоди від ЛЕП 200 кВ. У випадку розташування антени навігаційного обладнання на відстані 25 м і більше від лісосмуги, вона майже не впливає на показники зниження точності сигналу DOP.

**Ключові слова:**

точне землеробство,  
навігаційна система,  
супутник,  
навігаційне обладнання,  
машинно-тракторний агрегат

**Історія публікації:**

Отримано 11.09.2022

Затверджено 19.10.2022

**\*Автор для листування:**

satsyukvasyl@lutsk-ntu.com.ua

DOI: 10.36910/acm.vi48.880

**Цитувати цю статтю:**

Сацюк, В. В., Дідух, В. Ф., & Федонюк, М. А. (2022). Дослідження якісних показників прийому сигналів GNSS навігаційним обладнанням машинно-тракторних агрегатів. *Сільськогосподарські машини*, 48, 93-99. <https://doi.org/10.36910/acm.vi48.880>

## СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Точне землеробство – це комплексний підхід в агровиробництві, що містить технології глобального позиціонування, географічні інформаційні системи, технології оцінювання урожайності, технологію змінного нормування і технології дистанційного зондування ґрунту. Упровадження системи точного землеробства не можливе без використання супутникової системи навігації для машинно-тракторних агрегатів (МТА). Точне землеробство дозволяє автоматизувати роботу механізатора, а також збільшити виробіток, зменшити пошкодження сільськогосподарських культур під час проведення робіт із догляду за посівами, забезпечити економію паливо-мастильних матеріалів до 18% та добрив і засобів захисту рослин до 8% (*Аніскевич та ін., 2016*).

В Україні все частіше використовується сучасна технологія глобальних навігаційних супутникових систем (Global Navigation Satellite System – GNSS). Серед основних GNSS є GPS, Galileo, ГЛОНАСС та Beidou (*Вечера та ін., 2018*). Із метою підвищення точності позиціонування МТА під час виконання технологічних операцій розроблені інформаційні радіосистеми для передачі користувачам диференційних поправок. Диференційні поправки можуть відправлятися із наземних базових станцій або із геостационарних супутників: системи European Geostationary Navigation Overlay Service (EGNOS), Wide Area Augmentation System (WAAS), Multi-functional Satellite Augmentation System (MSAS) (*Tu & Tang, 2019*).

EGNOS – це європейська геостационарна система навігаційного покриття. Зона дії системи EGNOS охоплює Європу та північ Африки. В Україні немає наземних станцій системи EGNOS, тому диференційні поправки системи EGNOS приймаються лише у західних областях України від станцій, які розташовані в Польщі. Для центральних та східних областей України диференційні поправки системи EGNOS практично недоступні. Системи WAAS та MSAS є аналогами системи EGNOS, але діють на території країн Північної Америки та Японії.

Найбільша точність позиціонування МТА досягається під час використання поправок Real Time Kinematic (RTK), що зв'язані із наземними базовими станціями. З 2011 року в

Україні діє мережа «System.NET», яка надає послуги RTK-корекції. Для використання цих поправок необхідно оформити платну підписку на один із пакетів RTK. Однак, використання високої точності позиціонування МТА є економічно обґрунтованим не для усіх технологічних операцій агровиробництва.

**Мета дослідження** – дослідити кількість супутників, які знаходяться у зоні дії антени навігаційного обладнання МТА, а також кількість супутників, що використовуються навігаційним обладнанням для різних GNSS, та вплив наземних перешкод (лісосмуг, ліній електропередачі (ЛЕП)) на якісні показники приймання сигналів GNSS навігаційним обладнанням.

## МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Для визначення кількості супутників, сигнал яких сприймається навігаційним обладнанням, у дослідженнях використовували систему паралельного водіння ASN-Agro із програмним забезпеченням ASN-Agro V1.03. Тестування сигналів GNSS здійснювали за допомогою додатку GPS Test та Precision GPS PRO. GPS Test застосовували для визначення SNR сигналу (співвідношення сигнал/шум), а Precision GPS PRO використовували для визначення показників зниження точності сигналу DOP (Dilution of Precision).

Дослідження передбачали визначення:

- кількості супутників кожної GNSS, які знаходяться в зоні дії антени навігаційного обладнання;
- кількості супутників GNSS, які використовуються навігаційним обладнанням;
- показника SNR-сигналів GNSS.

Дослідження проводилися на полях Луцького району Волинської області України в сонячну погоду. Поряд із полем, на якому проводилися дослідження, не було наземних перешкод, зокрема лісосмуг та ЛЕП.

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Однією із основних проблем використання супутникової системи навігації у виробництві агропродукції є забезпечення точності позиціонування МТА. Для задовільної роботи супутникової системи навігації антена приймача повинна отримувати GPS-сигнал щонайменше від чотирьох супутників системи.

Якщо всі чотири супутники знаходяться близько один від одного та розташовані відносно антени приймача лише на півдні, тоді точність позиціонування буде низькою. Тобто оцінювання якості GPS-сигналу, який сприймається антеною приймача за кількістю супутників, які знаходяться в межах зони дії антени приймача, не відображає реального значення якості отриманих сигналів. Тому, під час досліджень оцінювання якості отриманих GPS-сигналів відбувалося за показниками:

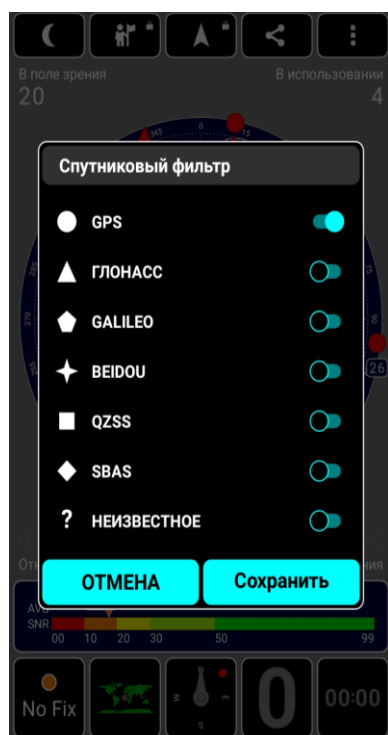
- кількість супутників, які знаходяться в зоні дії антени приймача;
- показник GPS-сигналу SNR (це співвідношення сигнал/шум);
- показники зниження точності сигналу DOP.

Навігаційне обладнання МТА залежно від виробника отримує сигнали від однієї або одночасно від декількох глобальних навігаційних супутникових систем (GNSS): GPS, Galileo, Beidou, ГЛОНАСС.

Для дослідження кількості супутників кожної GNSS, що знаходилися у зоні дії антени навігаційного обладнання МТА та супутників GNSS, було використано сучасне

навігаційне обладнання з додатком GPS Test. Додаток GPS Test має супутниковий фільтр та дозволяє приймати сигнали лише від однієї GNSS, наприклад GPS, а сигнали від інших систем почергово вимикати (**рис. 1, а**).

Результати застосування супутникового фільтра із прийманням сигналів GNSS GPS представлено на **рис. 1, б**. Використовуючи супутниковий фільтр для кожної GNSS, визначили кількість супутників, що знаходяться у зоні дії антени навігаційного обладнання, та кількість супутників, які використовуються навігаційним обладнанням. Результати цих досліджень представлено на **рис. 2**. Аналіз отриманих результатів дослідження (**рис. 2**) вказує на те, що у зоні дії антени навігаційного обладнання кількість супутників GNSS GPS є найбільшою (12 супутників). Однак, лише 10 супутників GNSS GPS використовуються навігаційним обладнанням. Серед усіх досліджуваних GNSS супутники системи Galileo знаходяться у зоні дії антени навігаційного обладнання у найменшій кількості (6 супутників). Однак, лише 5 супутників GNSS Galileo використовуються навігаційним обладнанням.



а



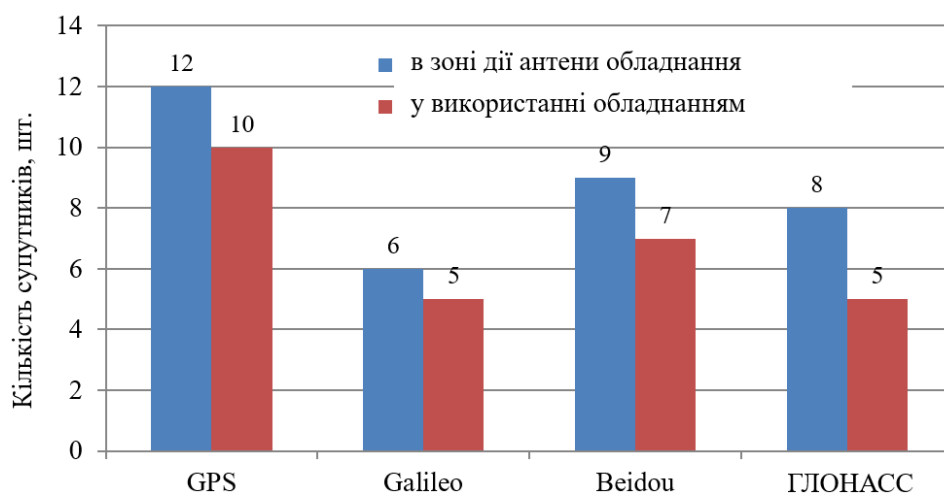
б

**Рис. 1** – Супутниковий фільтр додатка GPS Test:

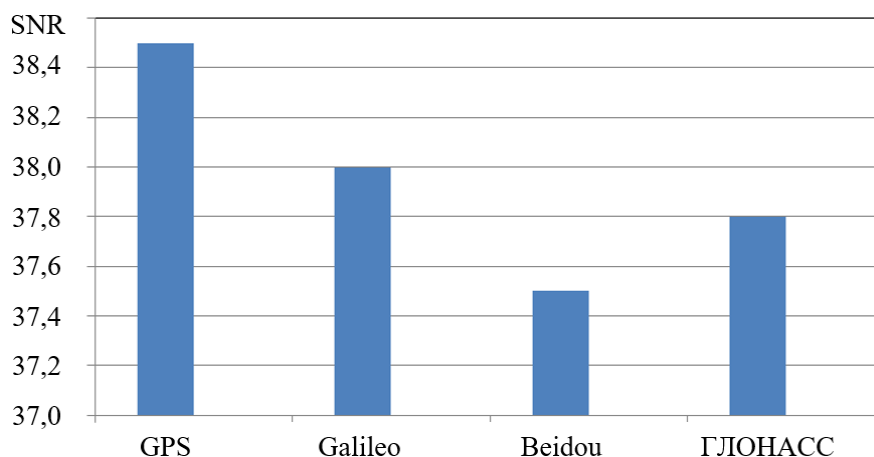
а – супутниковий фільтр додатку; б – результати застосування супутникового фільтрування GNSS за сигналом GPS

Для характеристики якості прийнятого від супутника сигналу навігаційним обладнанням використовували співвідношення сигнал/шум (SNR). Результати досліджень SNR в розрізі досліджуваних GNSS представлено на **рис. 3**. Найвища якість сигналу за показником SNR спостерігається для GNSS GPS, що становить 38,5. Практика застосування навігаційного обладнання на мобільних МТА свідчить про те, що досить часто виникає ситуація із втратою сигналів із супутників GNSS. Основними факторами, що зумовлюють ці втрати, є викривлення сигналів GNSS за умови приймання антеною відбитих променів та попадання антени МТА в зони «радіотіней»,

які спричинені ЛЕП, лісосмугами, високими будівлями тощо. Це обумовило необхідність дослідити вплив «радіотіней», які спричинені ЛЕП та лісосмугами, на якість сигналу GNSS, що приймається антеною навігатора. Для цих досліджень застосовувався додаток Precision GPS PRO, за допомогою якого визначали показники зниження точності сигналу DOP (**рис. 4**): PDOP (зниження точності за місцем розташування); HDOP (зниження точності сигналу у горизонтальній площині); VDOP (зниження точності сигналу у вертикальній площині). Польові дослідження проводили на відстанях 5 м, 15 м та 30 м від лісосмуг (**рис. 5, а**) та ЛЕП 220 кВ (**рис. 5, б**).



**Рис. 2** – Результати дослідження кількості супутників GNSS, які знаходяться у зоні дії антени навігаційного обладнання МТА, та кількості супутників GNSS, що використовуються обладнанням



**Рис. 3** – Результати дослідження SNR-сигналів GNSS

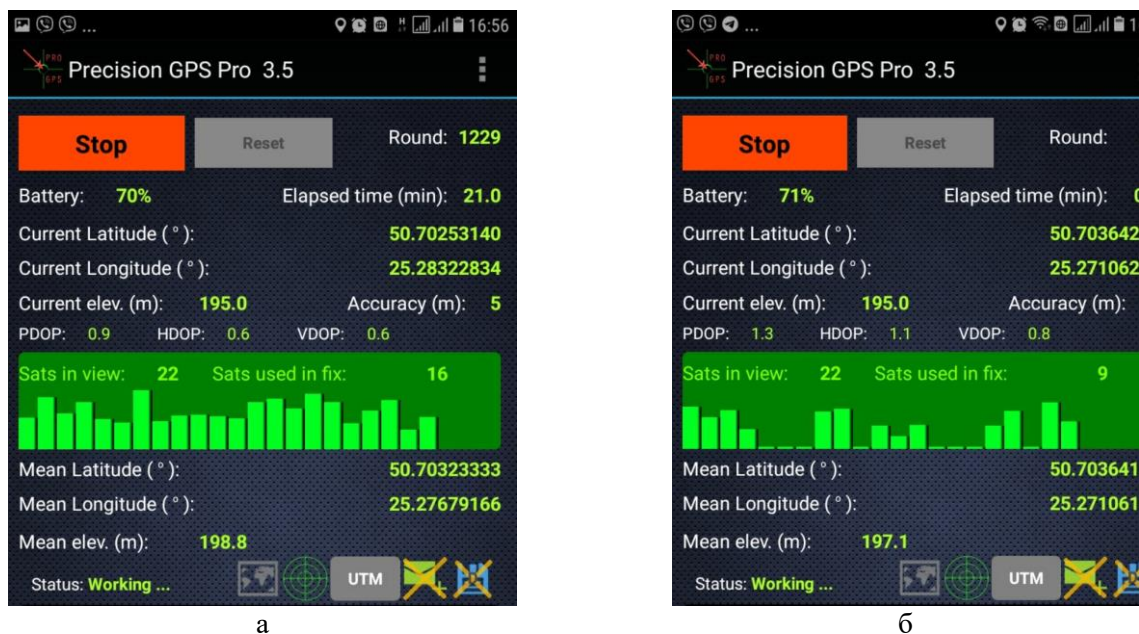


Рис. 4 – Визначення DOP показників для сигналів GNSS за допомогою додатку Precision GPS PRO:

а – на ділянці без «радіотіней»; б – на відстані антени приймача 15 м від ЛЕП 220 кВ



а



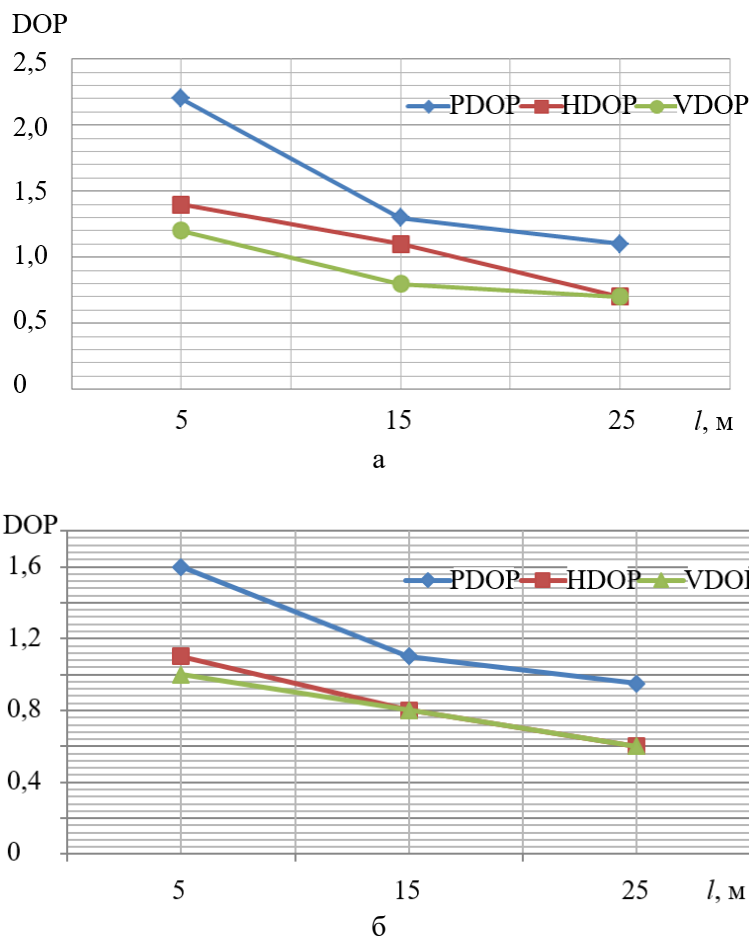
б

Рис. 5 – Дослідження впливу «радіотіней», які спричинені лісосмугами (а) та лініями електропередачі (б), на якісні показники DOP сигналів GNSS

Аналіз отриманих графічних залежностей (рис. 6, а) показує, що із збільшенням відстані  $l$  між ЛЕП та антеною навігаційного обладнання усі показники DOP зменшуються. Це свідчить про те, що якість супутникового сигналу за показниками DOP зростає із збільшенням відстані між ЛЕП 200 кВ та антеною навігаційного обладнання.

Графічні залежності, що демонструють вплив відстані  $l$  між лісосмугою та антеною навігаційного обладнання на показники PDOP, HDOP і VDOP зниження точності сигналів, представлені на рис. 6, б. Порівняння графіків на рис. 6, а та рис. 6, б показує, що перешкоди від ЛЕП 200 кВ мають більш значний вплив на показники DOP, ніж перешкоди від лісосмути.





**Рис. 6** – Графічні залежності показників зниження точності PDOP, HDOP, VDOP сигналів GNSS від відстані  $l$  розташування антени приймача до ЛЕП 200 кВ (а) та лісосмуги (б)

### ВИСНОВКИ

За результатами проведених досліджень встановлено, що найбільша кількість супутників, які знаходяться в зоні дії антени навігаційного обладнання МТА, є супутники системи GPS. Ця система супутників має найвищу якість сигналу за показником SNR. «Радіотіні» від ЛЕП 200 кВ на відстані, що більша за 25 м, практично не впливають на якість прийому GPS-сигналу. Залежно від виробника навігаційні системи МТА можуть працювати із супутниками як від однієї, так і одночасно від декількох GNSS. Результати проведених дослідження із визначення якісних показників супутникових сигналів доцільно враховувати під час вибирання навігаційного обладнання МТА.

### СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- Tu, X., & Tang, L. (2019). Headland turning optimization for agricultural vehicles and those with towed implements. *Journal of Agriculture and Food Research*, 1, 1-41. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2019.100009>
- Аніскевич, Л. В., Свірень, М. О., Коваленко, М. М., & ін. (2016). *Система точного землеробства (System of precision farming)*. Кропивницький: Лисенко В. Ф.
- Вечера, О. М., Роговський, І. Л., & Пастушенко, С. І. (2018). Навігаційні системи в технологіях точного землеробства (*Navigation systems in precision farming technologies*). *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК*, 296, 133-138. <https://doi.org/10.31548/machenergy.2018.02.133-13>