

IMPROVING THE EFFICIENCY DIAGNOSTICS OF ELECTRONIC CONTROL SYSTEM OF SEEDER HORSCH PRONTO DC

V. Shevchuk, O. Sukach*, Yu. Gabriel, G. Khudaverdyan

Lviv National Agrarian University, Lviv, Ukraine



Key words:

sowing complex,
electronic control system
of the seeder,
training stand,
diagnostics,
seeder

Article history:

Received 15.04.2021

Accepted 15.05.2021

*Corresponding author:

19oleg85@ukr.net

ABSTRACT

Sowing complexes perform several operations simultaneously, such as soil preparation and leveling, surface formation for sowing, sowing, seed rolling, and fertilizer application. Electronic control systems are used for efficient operation of sowing complexes. The method of diagnostics of electronic control system of modern sowing complexes is proposed in the article. The use of electronic systems allows us to automatically control the quality of sowing, adapt the work of the seeder to changes in movement parameters, and display the basic parameters of the system during operation, signal faults or non-compliance with agronomic requirements. To study the structure, principle of operation, settings and maintenance of the seeder, it is convenient to use training stands, the advantage of which is the compactness and convenience of the main elements of the electronic control system, and its use does not require significant time and resources, additional equipment and machinery. During the research, the characteristics and parameters of the sensor output signals for different operating modes were established. The principles of operation of the on-board network and data transmission technology of the main elements of the electronic control system of the drill are clarified. According of change oscillograms of information signals, the normative diagnostic parameters of the seeder sensors are set, which in the future will provide faster and more efficient diagnostics. Optical sensors have been found to use the UART data transmission protocol. One of the contacts of the seeding control sensor connector is the receiver (RX) and the other is the transmitter (TX) of the digital signal, which allows us to place a large number of sensors on one data line.

УДК 631.331

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІАГНОСТИКИ ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ СІВАЛКОЮ HORSCH PRONTO DC**В.В. Шевчук, О.М. Сукач*, Ю.І. Габрієль, Г.А. Худавердян**

Львівський національний аграрний університет, Львів, Україна

**Ключові слова:**

посівний комплекс,
електронна система
керування сівалкою,
навчальний стенд,
діагностика,
сівалка

Історія публікації:

Отримано 15.04.2021

Затверджено 15.05.2021

Автор для*листування:**

19oleg85@ukr.net

АНОТАЦІЯ

У статті запропоновано методику діагностики електронних систем керування, якими оснащені сучасні посівні комплекси. Використання електронних систем дозволяє в автоматичному режимі контролювати якість посіву, адаптувати роботу сівалки до зміни параметрів руху, відобразити основні параметри системи під час роботи, сигналізувати про несправності чи недотримання агротехнічних вимог. Для вивчення будови, принципу роботи, налаштувань й технічного обслуговування сівалки зручно використовувати навчальні стенди, перевагою яких є компактність та зручність розташування основних елементів електронної системи керування, а його використання не потребує значних затрат часу й ресурсів, застосування додаткового обладнання й техніки. Визначено характеристики та параметри вихідних сигналів сенсорів за різних режимів роботи. З'ясовано принципи роботи бортової мережі та технології передачі даних основних елементів електронної системи керування сівалкою. За характером та закономірностями зміни отриманих осцилограм інформаційних сигналів встановлено нормативні діагностичні параметри сенсорів сівалки, що в подальшому забезпечить швидку та ефективну діагностику. Встановлено, що оптичні сенсори використовують UART протокол передачі даних. Один із контактів роз'єму сенсора контролю висіву є приймачем (RX), а другий – є передавачем (TX) цифрового сигналу, відповідно, це дозволяє розташувати велику кількість сенсорів на одній лінії передачі даних. Результати досліджень забезпечать швидку діагностику техніки.

<https://doi.org/10.36910/acm.vi46.499>

Стан питання та постановка проблеми

Посівні комплекси забезпечують високі стандарти технологічної ефективності та продуктивності [1]. Крім того, їх використання забезпечує значне скорочення термінів посівних робіт. Удосконалення посівних машин проводиться із урахуванням того, що вони одночасно за один прохід мають забезпечити підготовку та вирівнювання ґрунту, формування насінневого ложа та його ущільнення, прикочування посівів та внесення добрив. Також важливими напрямками удосконалення посівної техніки є забезпечення рівномірності та точності висіву насіння різних сільськогосподарських культур, а також підвищення швидкості руху агрегату полем [2–5].

Одночасне забезпечення великої кількості агротехнологічних вимог зумовлює необхідність застосування складних технологічно-конструктивних систем під час розроблення сільськогосподарської техніки. Крім того, значна кількість інтегрованих взаємопов'язаних систем вимагає знання принципів їх функціонування, налаштування й технічного обслуговування [4, 5].

Мета дослідження – розроблення обладнання та методики для встановлення основних діагностичних параметрів сівалок, які оснащені електронними системами керування. Вихідними умовами створення такого обладнання є компактність та зручність розташування основних електронних елементів, мала метало- та матеріалоемність, а також те, що його використання не потребувало б значних затрат часу й ресурсів, застосування додаткового обладнання й техніки (трактора для агрегування тощо) [6].

Матеріали і методи

Для проєктування та візуалізації обладнання, що проєктується, використано програму КОМPAS-3D V14. Нестандартні елементи виготовлені за допомогою 3D-друку. Для цього проведено попереднє оброблення моделей за допомогою слайсера Cura Ultimaker v.3.4.1 і в результаті оброблення отримано g-code для 3D-принтера Printo H3.

Справність ланцюгів живлення електричних та електронних систем перевірялася цифровим автоматичним мультиметром UNI-T UT61D, а діагностика сенсорів проводилася за допомогою портативного ПК та цифрового осцилографа Hantek 1008B.

Результати дослідження та обговорення

Посівні комплекси HORSCH серії PRONTO DC – це сучасні та високопродуктивні машини зі значними габаритами та масою (рис. 1) [1]. Робоча ширина посіву комплексів цієї серії в межах 3–12 м, а кількість сошників може сягати 60 шт. Сучасна посівна техніка, яка

переміщується полем на високих швидкостях, для забезпечення рівномірності та заданої норми висіву обладнана електронними системами керування. Використання електронних систем дозволяє в автоматичному режимі контролювати якість посіву, адаптувати роботу сівалки до зміни параметрів руху або ж сигналізувати оператору про певні несправності чи недотримання агротехнічних вимог [7, 8].

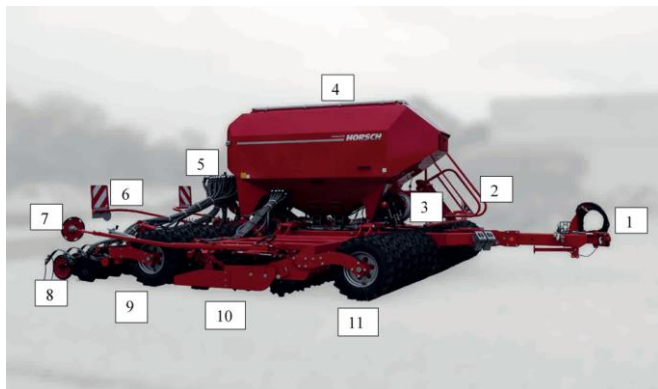


Рис. 1 – Посівний комплекс HORSCH серії PRONTO DC:

- 1 – тягове дишло; 2 – підніжка; 3 – нагнітач повітря;
- 4 – двосекційний бункер; 5 – розподільник посівного матеріалу;
- 6 – система освітлення; 7 – маркер колії; 8 – посівні сошники TurboDisc; 9 – шинні ґрунтоущільнювачі; 10 – дворядна дискова система; 11 – первинні ґрунтоущільнювачі

Налагодження коректної роботи сівалки передбачає підготовку її механічної частини, гідравлічної й пневматичної систем, системи електронного керування та значної кількості програмних налаштувань. Вивчення програмного меню, встановлення заданої норми висіву, калібрування сенсорів та виконавчих механізмів більш доцільно проводити із використанням навчального обладнання, що повністю відтворює роботу електронної системи керування. Із цією метою було спроектовано та виготовлено навчальний стенд (рис. 2) для вивчення будови, налаштування й діагностики електронної системи керування сівалкою [9].

Живлення електричної та електронної систем сівалки відбувається від електромережі трактора-тягача напругою 12 В, а обмін даними за допомогою протоколу ISOBUS із використанням лише одного кабелю з дев'ятиконтактним з'єднувачем [1].

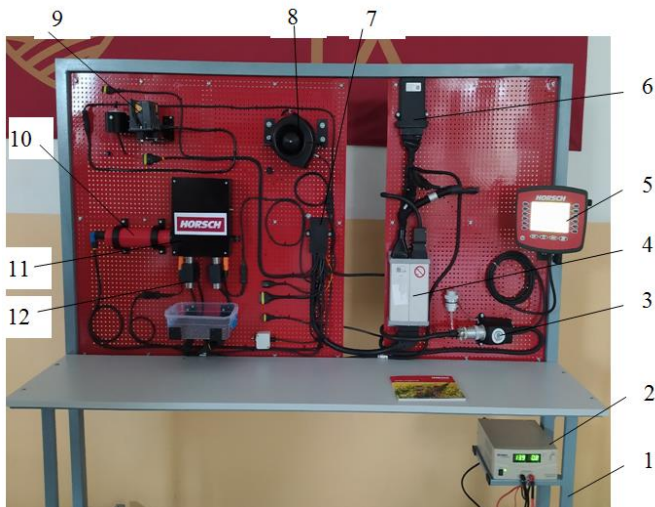


Рис. 2 – Навчальний стенд на базі електрокомпонентів сівалки серії PRONTO DC (HORSCH):

- 1 – монтажна рама; 2 – блок живлення (0–24 В);
- 3 – монтажний комплект ISOBUS із подовженим кабелем;
- 4 – робочий комп'ютер E-Manager Midi 3.0; 5 – сумісний з ISOBUS термінал; 6 – модуль контролю висіву; 7 – монтажний комплект DrillManager ISOBUS з подовженим кабелем; 8 – нагнітач повітря; 9 – радіолокаційний радар швидкості; 10 – електропривод котушки дозатора; 11 – корпус дозатора; 12 – система контролю висіву

Повний контроль за роботою усіх систем сівалки здійснює робочий комп'ютер E-Manager Midi 3.0, тоді як відображення даних та зміна конфігурації налаштувань проводиться за допомогою цифрового терміналу з програмним інтерфейсом. Він отримує інформацію від сенсорів, обробляє її і передає в контролер трактора, який за необхідності видає керуючі команди електроприводу або гідравлічній системі трактора, при цьому усі ключові показники відображаються на екрані терміналу [1].

Після вмикання терміналу завантажується перша сторінка програмного меню (рис. 3). Розташування й індикація на дисплеї залежать від можливостей налаштування та додаткового оснащення техніки. Друга сторінка відображає налаштування електронної системи керування. Третя сторінка використовується переважно для встановлення норми висіву, налаштування чутливості системи

контролю подачі посівного матеріалу та для пошуку несправностей при засміченні чи пошкодженні сенсорів.

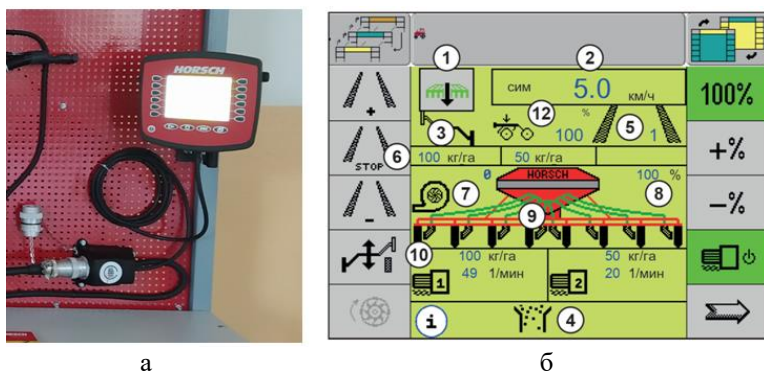


Рис. 3 – Термінал сумісний з ISOBUS 2015 (а) та перша сторінка програмного меню терміналу (б)

Контекстне меню представлено у вигляді таких інформаційних блоків відповідно до позначення на рис. 3, б:

1. Індикація для робочого положення сівалки.
2. Індикація дійсної або заданої швидкості руху.
3. Вибір положення маркера колії.
4. Функція контролю подачі посівного матеріалу.
5. Номер технологічної колії, що відповідає номеру неактивного посівного сошника.
6. Індикація вихідної кількості посівного матеріалу або добрив у кілограмах на гектар.
7. Індикація частоти обертання вентилятора нагнітача повітря.
8. Індикація у відсотках дійсної норми висіву відносно заданої.
9. Робоче положення посівних сошників.
10. Відображення актуальних даних частоти обертання ротора дозатора.
11. Індикація площі в гектарах і відрізка в метрах, які можна обробити з поточним завантаженням бункера.
12. Регулятор тиску сошників (встановлений гідравлічний тиск притискання сошників).

Перед початком посіву проводиться налаштування норми висіву та калібрування дозатора (рис. 4). Як правило, ця операція проводиться у триразовій повторності з метою виключення похибки [10–13].

На наступному етапі підготовки проводиться калібрування нагнітача повітря, що передбачає програмні налаштування й встановлення кодованого числа імпульсів давача відносно реальної частоти обертання вентилятора нагнітача повітря.

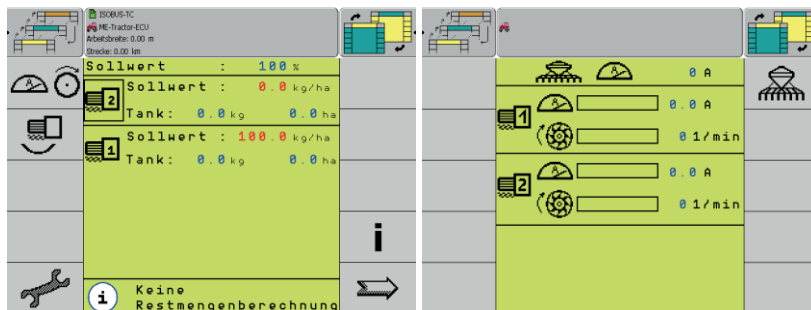


Рис. 4 – Фрагмент налаштування норми висіву та калібрування дозатора

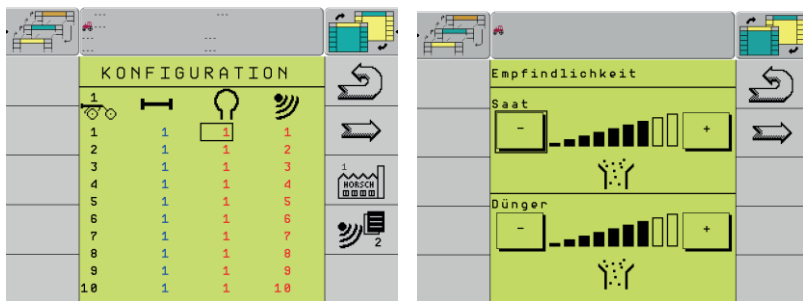
Після визначення контурів міжрядь посіву необхідно визначити число встановлених сенсорів, які здійснюють контроль подачі посівного матеріалу. Як правило, вони визначаються автоматично, а зміни вносяться лише тоді, коли кількість сошників і сенсорів не збігається або ж при виході із ладу сенсора (рис. 5).

Для визначення справності ланцюгів живлення, електричних та електронних систем сівалки можна використовувати цифрові мультиметри, тоді як для якісної діагностики сенсорів контролю висіву, радарних сенсорів швидкості, сенсорів частоти обертання вентилятора та дозатора необхідно застосовувати осцилографи. За характером осцилограми інформаційного сигналу можна отримати достовірні дані щодо справності та коректності роботи вказаних сенсорів. Оскільки технологічний процес посіву насіння повністю контролюється складною електронною системою керування, то на основі цього можна визначити такі види несправностей [14, 15]:

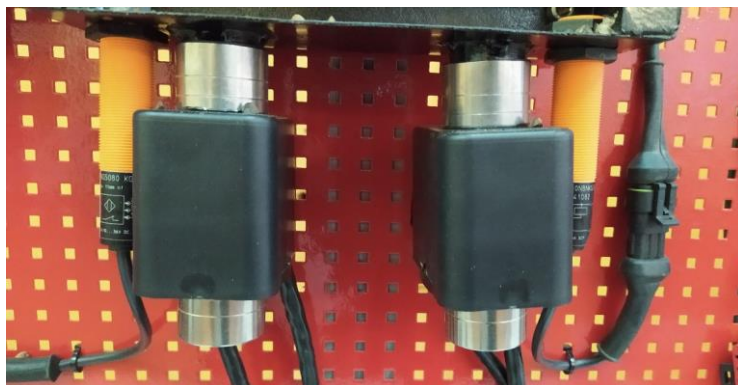
- пошкодження ланцюгів живлення;
- повне ушкодження або несправність сенсора;
- некоректна робота сенсора (наявність імпульсів та передача невірних сигналів);
- невідповідність програмних налаштувань (перетворення фізичних імпульсів у програмні коди).

Для визначення справності основних електричних та електронних систем сівалки було знято осцилограми із сенсорів контролю висіву,

радарного сенсора швидкості та сенсора частоти обертання вентилятора. Оскільки сенсори контролю заповнення бункера є аналогічними до сенсора швидкості вентилятора, то сигнал із цих сенсорів досліджувався за аналогічною методикою – із використанням двох каналів цифрового осцилографа.



а



б

Рис. 5 – Налаштування та калібрування датчиків контролю висіву та заповнення бункера:

а – програмні налаштування; б – оптичні сенсори контролю висіву

Сенсори контролю висіву оснащені чотириконтактними роз'ємами та з'єднані паралельно в мережу. Можна припустити, що ці сенсори використовують цифровий сигнал передачі даних. Провівши вимірювання встановлено, що перший та четвертий контакти роз'єму задіяні для живлення сенсора (12 В). На другому контакті генерується сигнал, що зображений на рис. 6. Форма осцилограми інформаційного

сигналу (рис. 6) не змінювалася залежно від того, чи пролітає насіння через будь-який із сенсорів, чи ні.

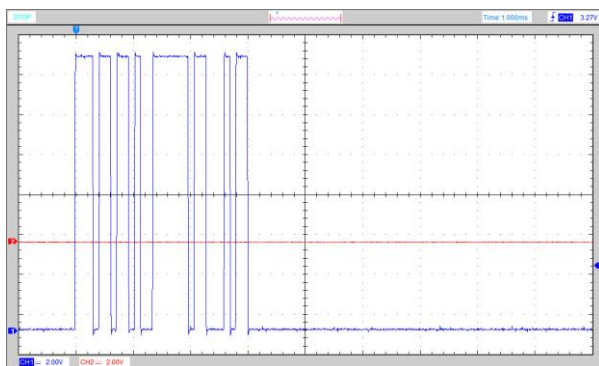


Рис. 6 – Форма інформаційного сигналу на другому контакті роз'єму оптичних сенсорів контролю висіву

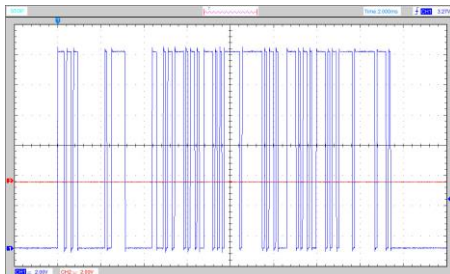
Шляхом вимірюванні отримані осцилограми на третьому контакті роз'єму за різних умов роботи: немає потоку насіння (рис. 7, а); насіння надходить лише через перший сенсор (рис. 7, б); насіння надходить через два сенсори одночасно (рис. 7, в).

Аналізуючи отримані осцилограми можна припустити, що сенсори використовують UART протокол передачі даних. У цьому випадку другий контакт роз'єму сенсора контролю висіву є приймачем (RX), а третій контакт – є передавачем (TX) цифрового сигналу [14, 15]. Використання цього протоколу передачі даних дозволяє розташувати велику кількість сенсорів на одній лінії передачі даних. Крім того, можна виявляти із якого сенсора надходить інформаційний сигнал. Завдяки такій реалізації можливо проводити діагностику працездатності кожного окремого сенсора висіву.

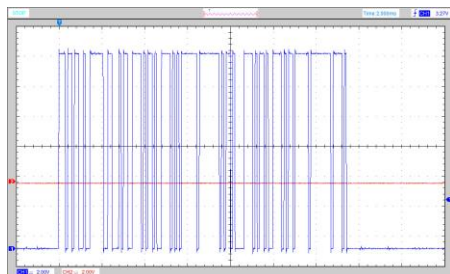
На рис. 8 відображено фрагмент дослідження радіолокаційного сенсора швидкості руху агрегату. Зміна швидкості проводилася за допомогою імітатора руху, а частота обертання змінювалася ШІМ регулятором потужністю 1,5–16 В. Це дозволяє отримати характеристику імпульсів, і, відповідно, радара у цілому діапазоні зміни швидкості руху сівалки.

Як видно із осцилограм (рис. 8, б) сигнал має прямокутну форму із коефіцієнтом наповнення 50%. При збільшенні швидкості зростає частота сигналу, причому вона зростає прямопропорційно. Таким чином, вимірюючи частоту сигналу головний блок керування має

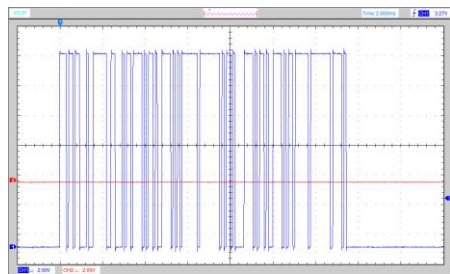
можливість отримувати значення поточної швидкості руху сівалки. Якщо в реальних умовах швидкість сівалки за показами радіолокаційного сенсора не співпадає із реальною, то в системі можна провести корекцію швидкості до заданих умов.



а



б

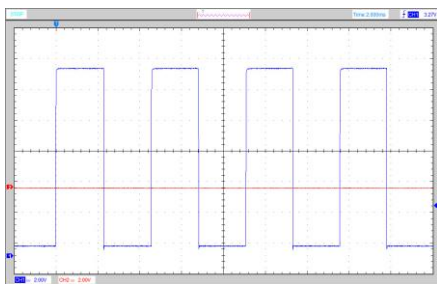


в

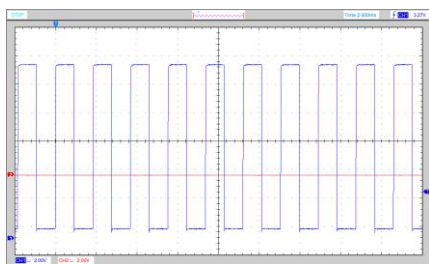
Рис. 7 – Форма інформаційного сигналу на третьому контакті роз'єму оптичних сенсорів контролю висіву за умов:
а – насіння надходить через два сенсори; б – насіння надходить через перший сенсор; в – насіння надходить через другий сенсор



а



б



в

Рис. 8 – Дослідження радіолокаційного сенсора швидкості руху:

а – фрагмент випробування;

б – форма інформаційного сигналу за швидкості 3 км/год.;

в – форма інформаційного сигналу за швидкості 10 км/год.

Висновки

Посівні комплекси – це високопродуктивні машини зі значними габаритами та масою, в яких широко використовуються електронні

системи керування робочими процесами. Використання електронних систем дозволяє в автоматичному режимі контролювати якість посіву, адаптувати роботу сівалки до зміни параметрів руху або ж сигналізувати оператору щодо певних несправностей чи недотримання агротехнічних вимог.

Значна кількість інтегрованих взаємопов'язаних систем вимагає знання принципів їх функціонування, налаштування й технічного обслуговування. Для цього зручно використовувати навчальні стенди, перевагою яких є компактність та зручність розташування основних елементів електронної системи керування. Використання стенду не потребує значних затрат часу й ресурсів, а також застосування додаткового обладнання та техніки. В інженерно-технічних службах аналогічне обладнання використовується для вивчення програмного меню, встановлення заданих норм висіву, способів налаштування та калібрування основних сенсорів і виконавчих механізмів.

Під час досліджень встановлено принципи роботи та технології передачі даних основних елементів електронної системи керування сівалкою. За характером та закономірностями зміни осцилограм інформаційних сигналів встановлено основні діагностичні параметри сенсорів сівалки. Використання результатів дослідження забезпечить більш швидку діагностику й значно підвищить ефективність технічного обслуговування аналогічної посівної техніки.

Список посилань

1. HORSCH Pronto DC. <https://www.horsch.com/ru/produkty/mashiny-dlja-poseva/diskovye-posevnye-kompleksy/pronto-dc>
2. Сало, В.М., Лузан, П.Г. (2014). Напрями вдосконалення технічного забезпечення новітніх технологій прямої сівби зернових культур. Техніка і технології АПК, 9, 14–17.
3. Хітров, І.О., Бундза, О.З., Бабич, О.Я. (2018). Організація технічного сервісу машин дилерським підприємством. Сільськогосподарські машини, 40, 121–130.
4. Лупенко, Ю.О., Малік, М.Й., Шпикуляк, О.Г. (2014). Інноваційне забезпечення розвитку сільського господарства України: проблеми та перспективи. ННЦ ІАЕ, Київ, 516.
5. Адамчук, В.В., Грицишин, М.І. (2012). Система техніко-технологічного забезпечення виробництва продукції рослинництва. Аграрна наука, Київ, 416.
6. Шевчук, В., Сукач, О. (2019). Використання стенда для дослідження пневматичної гальмівної системи автомобіля. В: III Всеукраїнська науково-теоретична конференція: Проблеми з транспортними потоками і напрями їх розв'язання (Львів, Україна). Посвіт, Дрогобич, 20–21.
7. Dnes, V., Kudrynetskyi, R., Skibchuk, V. (2021). Методичні засади визначення ефективності використання техніки під час обробітку ґрунту,

- внесення добрив і сівби ярих культур за енергетичним показником. *Агроінженерні дослідження*, 24, 77–82. <https://doi.org/10.31734/agroengineering2020.24.077>
8. Сівалку оцінюють за сходами. https://www.poettinger.at/uk_UA/Newsroom/Artikel/11618
 9. Аулин, В.В., Панков, А.А., Черновол, М.И., Стахорская, А.Г. (2017). Автоматизация регулирования нормы высева на основе мехатронной реализации программно-аппаратного обеспечения. *Вісник інженерної академії України*, 3, 240–244.
 10. Пастухов, В.І. Бакум, Н.В., Михайлов, А.Д., Кириченко, Р.В. (2015). До розробки мехатронних систем посівних машин. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка*, 156, 156–162.
 11. Аніскевич, Л.В. (2014). Управління системами високоточного дозування технологічних матеріалів. *Науковий вісник НУБіП України. Серія: Техніка та енергетика АПК*, 196, 264–277.
 12. Попович, О.М. (2010). Автоматичні системи управління посівними машинами. *Науковий вісник НУБіП України. Серія: Техніка та енергетика АПК*, 144, 118–125.
 13. Bishop, R.H. (2002). *The mechatronics handbook*. CRC Press, Boca Raton, 1229.
 14. Мигаль, В.Д. (2017). *Мехатронні та телематичні системи: монографія*. Вид-во Майдан, Харків, 307.
 15. Мигаль, В.Д. (2017). *Системы контроля и диагностирования автомобиля: учеб. пособие*. Изд-во Майдан, Харьков, 605.