

УДК 631.3.004:631.333:537.86

Б.О. Антипчук, асп.

Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» НААН України, смт.Глеваха, Київська обл., Україна

E-mail: bogdanantypchuk@ukr.net

Ультразвуковий експериментальний пристрій – основний елемент автоматизованої системи керування положенням ґрунторозпушувача

Для обґрунтування структури та параметрів пристрою оперативного визначення глибини залягання плужної підшви використано аналіз сучасних методів моніторингу фізичного стану ґрунту, метод синтезу технічних засобів і теорію автоматичного управління ними. Розроблено принципову схему та виготовлено експериментальний зразок радіофізичного пристрою визначення глибини залягання плужної підшви. Розроблений радіофізичний пристрій дозволяє визначити глибину залягання плужної підшви в процесі роботи машинно-тракторного агрегата.

щільномір, плужна підшва, ультразвук, звукова хвиля, ґрунторозпушення, датчик-випромінювач, генератор імпульсів, електричний імпульс, швидкість звуку, модуль пружності, щільність ґрунтів

Б. А. Антипчук, асп.

Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства» НААН Украины, пгт.Глеваха, Киевская обл., Украина

Ультразвуковой экспериментальный прибор – основной элемент автоматизированной системы управления положением почворыхлителя

Для обоснования структуры и параметров устройства для оперативного определения глубины нахождения плужной подошвы использованы анализ современных методов мониторинга физического состояния почвы, метод синтеза технических средств и теорию автоматического управления ими. Разработана принципиальная схема и изготовлен экспериментальный образец радиофизического прибора по определению глубины залегания плужной подошвы. Разработанный радиофизический прибор дает возможность определять глубину залегания плужной подошвы в процессе работы машинно-тракторного агрегата.

твердомер, звуковая волна, разуплотнение почвы, датчик-излучатель, генератор импульсов, электрический импульс, скорость звука, модуль упругости, плотность почв

Постановка проблеми. Агротехнічні заходи основного обробітку ґрунту з економічної точки зору є найбільш енергоємними серед всього комплексу технологічних операцій вирощування та збирання сільськогосподарських культур. Від якості і ефективності обробітку ґрунту залежить ріст і розвиток рослин або ж повна чи часткова руйнація агрегатів ґрунту, що призводить до його переущільнення, а як результат – зниження родючості ґрунту.

Цілеспрямоване керування якістю виконання технологічних операцій (насамперед - розущільнення ґрунту) сприяє підвищенню ефективності рослинництва та збільшенню врожайності сільськогосподарських культур.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Щільність ґрунту є важливою характеристикою, яка показує, в яких умовах ростуть і розвиваються рослини. Саме від щільності залежать усі ґрунтові режими: повітрообмін, водопроникність,

вологоємність, теплоємність, мікробіологічний та окисно-відновний процеси, розвиток кореневої системи рослин. Тому питання утворення плужної підшви внаслідок різних систем обробки ґрунту розглядається в багатьох роботах [2, 5 - 9, 11, 16, 17].

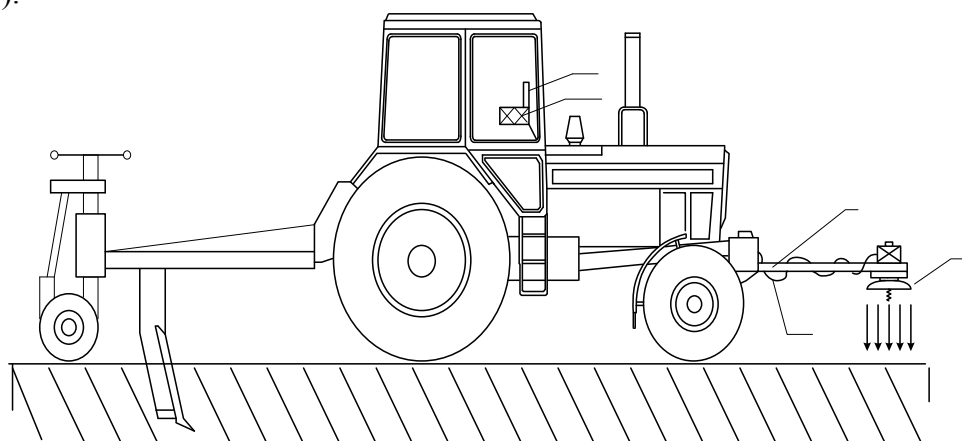
Основи акустики та аналіз поглинаючих ультразвукові хвилі властивостей ґрунтів, які необхідні для створення пристрою визначення глибини залягання плужної підшви, докладно описані в роботах з ультразвукових вимірів [1, 12-15].

Постановка завдання. Технічне забезпечення ефективного розушільнення плужної підшви в сучасних технологіях обробки ґрунту при мінімальних енергетичних затратах та підвищення врожайності сільськогосподарських культур.

Виклад основного матеріалу. Саме закономірності розповсюдження ультразвуку в щільних і рихлих ґрунтах покладені в основу принципу дії експериментального радіофізичного пристрою, який призначений для реалізації методу безперервного хвильового профілювання поля під час руху трактора.

Поширення звукових коливань в будь-якому середовищі залежить від його властивостей. Як відомо в газах та в повітрі ультразвук поширюється з великим згасанням [3], саме тому рихлі ґрунти: піщані та супіщані, які мають великі повітряні фази, поглинають і розсіюють ультразвуковий сигнал. Інша справа з щільними ґрунтами. Під час ущільнення ґрунту вміст у ньому повітряної фази зменшується за рахунок зростання твердої фази, а як відомо з теорії акустики, ультразвуковий сигнал добре відображається від твердих предметів (поверхонь).

Звичайно, ґрунт – це надзвичайно складне для проходження радіохвиль середовище, так як має сильні поглинаючі властивості. Причому ці поглинаючі властивості не є сталими величинами, вони можуть варіювати із збільшенням чи, навпаки, зменшенням в ґрунтах кількості води, повітря, солі [8]. Тобто, всі види ґрунтів мають різну здатність відображати і поглинати звукові хвилі. Але, так як перед нами стоїть задача виявлення саме ущільнених ділянок поля, а плужна підшва простягається вглиб на 25 см, і нам не потрібно сканувати дуже велику глибину, то застосування радіофізичних методів, які базуються на ультразвуковому випромінюванні, є доцільним в даному випадку. І на основі аналізу змін амплітуди і фази високочастотного струму в антені (ультразвуковому перетворювачі) пристрою, прикріпленому до трактора, що рухається, за певними зображеннями на дисплеї виявляються ущільнені ділянки поля і змінюється глибина ходу ґрунторозпушувача (рис. 1).



1 – ультразвуковий датчик-випромінювач; 2 – рама пристрою; 3 – система кабелів живлення та передачі інформації, які з'єднують ультразвуковий датчик-випромінювач з блоком формування, прийому та обробки сигналів; 4 – блок формування, прийому та обробки сигналів; 5 – блок індикації та керування

Рисунок 1 – Схема МТА з автоматизованою системою ґрунторозпушування

Основний принцип роботи експериментального ультразвукового пристрою такий: передавач (генератор імпульсів), який міститься у блоці формування, прийому та обробки сигналів генерує електричний імпульс, ультразвуковий датчик- випромінювач перетворює його в звукову хвилю та посиляє її в ґрунт. Звукова хвиля відбивається від ущільненого шару ґрунту і повертається до датчика-випромінювача, який перетворює її в електричний сигнал. Приймач, який міститься у блоці формування, прийому та обробки сигналів підсилює прийнятий сигнал та відправляє його до мікроконтролера. Мікроконтролер обробляє прийнятий датчиком-випромінювачем сигнал і видає оброблену інформацію на дисплей блока індикації та керування у вигляді зображення, відповідно до якого водій збільшує або зменшує глибину ходу ґрунторозпушувача (функціональна схема пристрою подана на рис. 2). Тривалість зонduючого імпульсу визначає роздільну здатність пристрою. Для підвищення роздільної здатності бажаним є короткий імпульс, але для підвищення відношення сигнал/перешкода потрібен зонduючий імпульс більшої тривалості. Тривалість зонduючого імпульсу знаходиться із співвідношення:

$$\frac{K_{zan}}{f_0} < J < \frac{2H_{max}}{2c}, \quad (1)$$

де K_{zan} – коефіцієнт, що визначає частоту заповнення імпульсу;

H_{max} – максимальна глибина зондування;

f_0 – робоча частота.

Період слідування імпульсів визначається наступним міркуванням – до отримання відбитого від ущільненого шару ґрунту сигналу повторне випромінювання не відбувається. Період зонduючого імпульсу знаходимо за такою формулою:

$$T \geq \frac{2H_{max}}{c}, \quad (2)$$

Пристрій для визначення глибини залягання ущільненого шару ґрунту працює на акустичних і ультразвукових частотах і являє собою імпульсний електронний пристрій, технічні характеристики якого подано в табл. 1.

Таблиця 1 – Технічні характеристики експериментального ультразвукового пристрою по визначенню глибини залягання плужної підшви

Робоча частота	400 кГц
Вихідна потужність	200 Вт
Максимальна глибина виміру	4-5 м
Напруга живлення	12 В
Швидкість роботи датчика	До 60 км/год
Оптимальна швидкість роботи датчика	До 10 км/год

За характером відображення звукових хвиль можна навіть визначати тип ґрунту [4], що показали попередні досліді. Якщо зворотня хвиля відображається не в повному обсязі – це означає, що ґрунт піщаний або глинистий, тому що звукові хвилі проходять крізь такі ґрунти і відбиваються в зворотньому напрямку лише частково (на дисплеї в такому випадку з'явиться тонка лінія), якщо ж відбиття відбувається досить швидко,

тоді це свідчить про те, що на даній ділянці поля ґрунт ущільнений (на дисплеї пристрою це буде відображено широкою полосою). За наявності повітряної ями звукова хвиля взагалі не буде відбита, а розсіється в повітрі (про що згадувалось вище). Також хвиля може мати подвійний ефект відбиття: якщо на поверхні залягає шар м'якого ґрунту, то хвиля проходить крізь нього, знижуючи свою швидкість, а падаючи на ущільнений шар, з новою силою відбивається від нього (на дисплеї пристрою буде відповідне зображення).

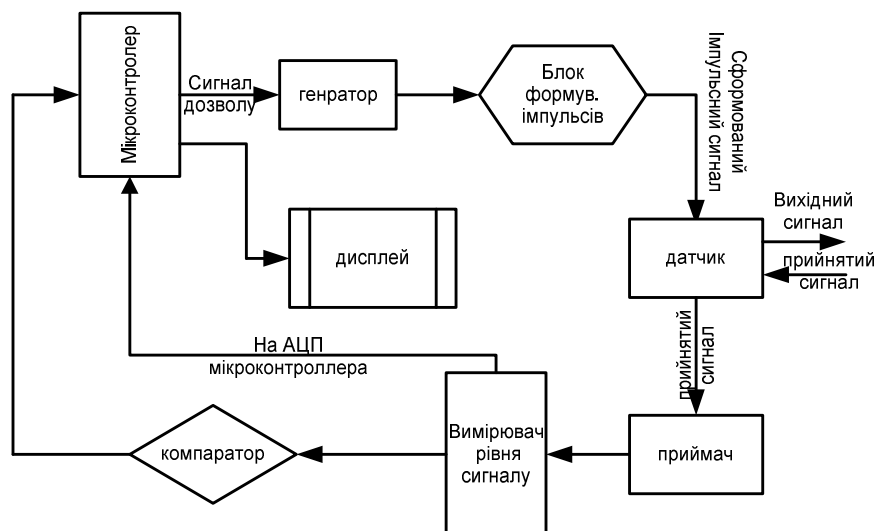


Рисунок 2 – Функціональна схема пристрою оперативного визначення глибини залягання плужної підшви

Саме на вимірі проміжку часу з моменту випромінювання ультразвукового імпульсу до моменту його прийому після відбиття від ущільненого шару ґрунту базується принцип роботи ультразвукового датчика – перетворювача визначення глибини залягання плужної підшви. Даний проміжок часу визначається за формулою:

$$t = \frac{2H}{c}, \quad (3)$$

де H – глибина залягання ущільненого шару ґрунту (м);

c – швидкість розповсюдження звуку в ґрунті;

t – час проходження звукового сигналу з моменту випромінювання до прийому після відбиття.

Швидкість розповсюдження звуку в ґрунті визначається за формулою для твердого середовища [3]:

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}, \quad (4)$$

де E – модуль пружності;

ρ – щільність.

До речі, більшість ґрунтів мають щільність від 1000 до 1500 кг/м³, а швидкість розповсюдження звуку в ґрунтах коливається в основному від 85 до 180 м/с.

Висновки. Застосування автоматизованої системи ґрунторозпушення з основним елементом – експериментальним радіофізичним пристроєм, дія якого базується на методі ультразвукового випромінювання, дозволяє досить оперативно

виявити ущільнені ділянки поля, що обробляється, уникати поверхневого розпушення ґрунту, а як результат – покращення живлення кореневої системи і підвищення врожайності, а також мінімізація негативного впливу техніки на структуру родючих прошарків ґрунту. За попередніми підрахунками, автоматизована система керування положенням ґрунторозпушувача дозволить зменшити витрати палива до 20% та підвищити продуктивність машини приблизно на 9-10 %.

Список літератури

1. Бриндли, К. Измерительные преобразователи [Текст] : справочное пособие / К. Бриндли ; пер. с англ. Е. И. Сычева. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – С. 102-103.
2. Воронин, А. Д. Основы физики почв [Текст] / А. Д. Воронин. – М. : МГУ, 1986. – 243 с.
3. Георадиолокация [Электронный ресурс] // Википедия. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
4. Исакович, М. А. Общая акустика [Текст] : учеб. пособие / М. А. Исакович. – М. : Наука, 1973. – С. 386-392.
5. Крикунов, В. Г. Ґрунти та їх родючість : підручник. – К. : Вища шк., 1993. – С. 25-38.
6. Мироненко, В. Г. Інтегровані системи автоматичного управління технологічними процесами у рослинництві [Текст] / В. Г. Мироненко, О. О. Броварець // Механізація та електрифікація сільського господарства. – 2015. – Вип. №1 (100). – С. 31-40.
7. Мироненко, В. Г. Передумови та особливості створення елементів штучного інтелекту в системах оперативного керування АПК [Текст] / В. Г. Мироненко // Вісник аграрної науки. – 2016. - № 5. – С. 47-51.
8. Мироненко, В. Г. Технічні засоби забезпечення якості виконання технологічних процесів у рослинництві [Текст] : монографія / В. Г. Мироненко. – К. : НАУ, 2005. – 271с.
9. Нерпин, С. В. Физика почвы [Текст] / С. В. Нерпин, А. Ф. Чудновский. – М. : Наука, 1967. – 584с.
10. Пастушенко, С. И. Оптимизация сельскохозяйственных технических систем [Текст] / С. И. Пастушенко // Техніка АПК. – 1999. - №8. – С. 12-15.
11. Піковська О. В. Щільність ґрунту за різних систем його обробітку // Пропозиція. – 2013. - № 9. – С. 68-71.
12. Распространение радиоволн [Текст] / О. И. Яковлев, В. П. Якубов, В. П. Урядов, А. Г. Павельев; под. ред. О. И. Яковлева. – М. : ЛЕНАРД, 2009. – 496 с.
13. Сугак, В. Г. О противоречии данных подповерхностного зондирования теоретическим моделям диэлектрических характеристик пород грунта [Текст] / В. Г. Сугак, А. В. Бондаренко, А. В. Сугак // Радиофизика и электроника. – 2012. – Т. 3(17). – № 1. – С. 19-29.
14. Ультразвук. Маленькая энциклопедия [Текст] / глав. ред. И. П. Голямина. – М. : Сов. энциклопедия, 1979. – С. 124-126, 150, 2030-231, 299, 340.
15. Ультразвуковые измерения // Методические рекомендации по применению сейсмоакустических методов для изучения физико-механических свойств связных грунтов / сост. О. П. Аникин. – М., 1976. – С. 46-51.
16. Application of multivariate geostatistics in delineating management zones within a gravelly vineyard using geo-electrical sensors. Morari, F.I, Castrignanò, A.2, Pagliarin, C.I. Computers & Electronics in Agriculture; Aug. 2009, Vol. 68 Issue 1. – P. 97-107, 11p.
17. I. J. Won and Haoping Huang. Magnetometers and electro-magnetometers. THE LEADING EDGE. – May 2004. – P. 26-29.

Bohdan Antypchuk, post-graduate

National Scientific Center «Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture» of the NAAS of Ukraine, town Glevaha, Kiev region, Ukraine

The ultrasonic experimental device - a basic element of an automated control system for position of the ripper of the soil

Effective demultiplexer soil density. Prevention of final or partial destruction of units of the soil. Improvement of food and development of root system of agricultural plants.

Rationale for the structure and parameters of the device operational definition of depth of soil density used analysis of modern methods of monitoring the physical condition of the soil, the method of synthesis of

technical means and theory of automatic control and mathematical modeling of automatic control provisions ripper based on information ultrasonic sensor density of the soil.

The schematic diagram is developed and the experimental sample of the radio physical device of determination depth of distribution of soil density.

The developed radio physical device gives the chance to determine depth of distribution of soil density in the course of work of the tractor.

soil density, ultrasound, sound wave, generator of impulses, sensor radiator, sound speed

Одержано 25.10.17