ENGINEERING SCIENCES

ЗАЛЕЖНІСТЬ ТОЧНОСТІ ВИМІРУ ГЛИБИНИ ЗАЛЯГАННЯ ПЛУЖНОЇ ПІДОШВИ ВІД ВИСОТИ ВСТАНОВЛЕННЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДАТЧИКА-ПЕРЕТВОРЮВАЧА НАД ПОВЕРХНЕЮ ҐРУНТУ

Антипчук Б. О.
аспірант
Національний науковий центр
«Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»
НААН України
м. Глеваха, Київська область, Україна

Найбільш оптимальним на даний час для вирішення проблеми ефективного розущільнення ґрунту є застосування пристроїв, які базуються на взаємодії ультразвукових коливань з ґрунтом, тому що затухання звукових хвиль у воді, осадових гірських породах та ґрунтах мізерне в порівнянні з електромагнітними хвилями [3].

Ґрунт – середовище з неоднорідною поверхнею: рослинний покрив, нерівності, також присутність повітряних ям. Звичайно, застосування ультразвуку для дослідження ґрунтів, особливо в природному середовищі, а не в лабораторних умовах, процес непростий. Адже, як відомо із законів акустики, для того, щоб звукова хвиля проходила, потрібно пружне середовище, в якому б відбувались деформаційні процеси. Проте, що стосується виявлення глибини залягання ущільненого шару ґрунту (плужної підошви), то саме непроходження ультразвуку крізь збитий, без повітряних фаз та рідини пласт ґрунту і береться за основу в такому дослідженні, тобто не розсіювання і затухання звукової хвилі, як, наприклад, в піщаних ґрунтах та глині, а швидке відбиття хвилі, тобто враховується проміжок часу від моменту посилання та прийняття датчиком відбитого звукового імпульсу, звичайно ж, з урахуванням енергетичних втрат при проходженні крізь верхні шари ґрунту, так як плужна підошва залягає на глибині 25-50 см.

Але на затухання звукової хвилі до того моменту, коли вона наражається на ущільнений шар ґрунту і миттєво відбивається, впливають не лише механічні та фізичні властивості верхніх його пластів. В природному середовищі є багато інших факторів, які провокують затухання та розходження звуку в різні боки, тобто створюють ефект дифракції – розсіювання звукових пучків при віддаленні від випромінювача та спотворення сигналу.

Так, наприклад, на проходження ультразвукових хвиль сильно впливає нерівність ґрунтового покриву, провокуючи ухилення звукової хвилі в бік.

Наприклад, над зораною землею звук може знизитись на 6-10 дБ. Якщо ж ґрунт має густий рослинний покрив, то рівень розповсюдження звуку може додатково зменшитись на 5-6 дБ. Виграш або втрати до 5 дБ стосовно затухання та розсіювання звукової хвилі додає температура ґрунту та повітря.

Та найбільший вплив на проходження звукової хвилі має повітря та вітер: швидкість звуку складається зі швидкістю вітру [3]. Вітер може збільшувати або зменшувати затухання звуку на трасі проходження в ґрунт. Взагалі повітряні маси можуть як збільшити рівень звуку на 5 дБ, так і привести до додаткового затухавння в 20 дБ.

Якщо звукова хвиля рухається за напрямком вітру, то її швидкість збільшується (відбувається концентрація звукової енергії), а якщо проти – то зменшується, тобто спостерігається у цьому випадку явище «звукової тіні». Якщо звукова хвиля розповсюджується в напрямку, перпендикулярному відносно вітру, то він у цьому випадку практично не впливає на затухання. Проте є один важливий момент в цій ситуації, який сприяє застосуванню ультазвуку для виявлення ущільнених ділянок поля: швидкість вітру поблизу ґрунту завжди значно менша ніж в атмосфері, тому що вітер гальмується тертям, отже, чим нижче над поверхнею ґрунту встановиться датчик, тим меншою буде похибка виміру.

Проте з урахуванням всіх цих негативно впливаючих на проходження в ґрунт звукової хвилі факторів, саме застосування ультразвукових частот дає можливість створювати звукові пучки, які під впливом всіх вище перерахованих явищ, слабко розходяться, значно послаблюючи затухання та розсіювання звукової хвилі, тому ультразвук є своєрідною фізичною основою отримання інформації для різних вимірювань.

Отже, величина затухання залежить як від стану поверхні ґрунту, його фізичних властивостей, температури повітря та ґрунтових мас, так і від висоти розміщення датчика над поверхнею землі, тому для уникнення спотворення прийнятого сигналу слід забезпечити безповітряний контакт датчика з ґрунтом, тобто максимально скоротити відстань від датчика до ґрунту.

Лабораторні дослідження стосовно вплипу висоти розміщення ультразвукового датчика-перетворювача на точність вимірів були проведені на фізичній моделі ґрунту з ущільненими його прошарками на різній глибині.

За мету ставилося: вивчення впливу глибини залягання в ґрунті ущільненої поверхні на покази експериментального ультразвукового пристрою; вивчення впливу вологості ґрунту (вологість визначали за допомогою вологоміра МГ – 44) на проходження ультразвуку; оцінка впливу висоти установки датчика над поверхнею ґрунту на його покази; оцінка впливу швидкості проходження машинно-тракторного агрегата із встановленою автоматизованою системою виявлення глибини залягання плужної підошви над заданою полосою поверхні ґрунту на покази ультразвукового пристрою даної системи; перевірка технічної можливості і ефективності використання даної системи в технологічному процесі розущільнення ґрунту.

Об’єктами досліджень були спеціально створені фізичні моделі ґрунту з різними рівнями залягання ущільненого матеріалу (дерево, ґрунт) в лабораторних і польових умовах.

Встановлюючи датчик на висоті (0,4 м; 0,3 м; 0,2 м) над спеціальною пересувною платформою, в якій на глибині 0,05 м; 0,25 м; 0,5 м були закладені однакові дошки, що засипані однорідним ґрунтом. Переміщаючи платформу таким чином, щоб під датчиком знаходилася дошка на відповідній глибині, фіксувались показники пристрою.

Аналіз одержаних результатів досліджень показує, що із збільшенням глибини залягання ущільненого шару ґрунту збільшується похибка вимірювання (для глибини 0,25 м – від 4 до 14%, для глибини 0,5 м – від 6 до 16%). Той факт, що із збільшенням глибини залягання плужної підошви збільшувалась похибка виміру, свідчить про те, що через акустичний опір верхніх пластів ґрунту знижувався коефіцієнт пропускання звукової енергії із одного шару в інший, при чому потрібно також брати до уваги енергетичні втрати звукової хвилі і на зворотньому шляху після її відбиття завдяки тому ж таки акустичному опорові верхніх пластів ґрунту.

Проведені лабораторні, а особливо польові досліди показали, що чим вище над поверхнею ґрунту розміщено ультразвуковий датчик, тим гірший сигнал, що реєструється (рис. 1), тобто збільшується похибка вимірювання. Найбільш точні вимірювання були досягнуті при установці датчика на висоті 20 см (похибка становила 4-6%), а із збільшенням висоти установки датчика похибка збільшувалась.

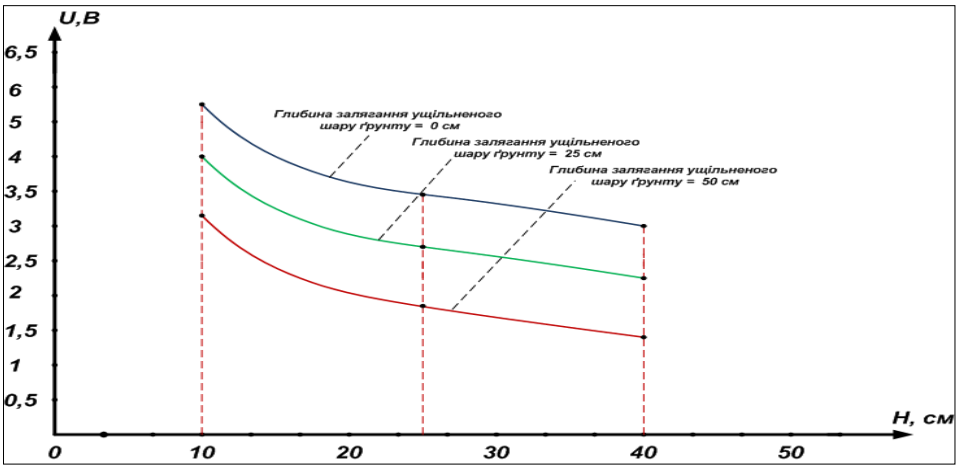

Рис. 1. Залежність сигналу датчика (U) від висоти втановлення над поверхнею ґрунту

В результаті лабораторних та польових досліджень було встановлено, що при робочій швидкості машинно-тракторного агрегата в межах 8…12 км/год системної зміни значень визначених глибин залягання ущільненого прошарку ґрунту ультразвуковим пристроєм не встановлено. Тобто при максимальній

швидкості руху тактора 12 км/год, з висотою встановлення датчика максимум 20 см на поверхнею ґрунту (сухий ґрунт) похибка становитиме 4-8%.

Отже, застосування ультразвукового методу для виявлення плужної підошви є цілком можливим, про що свідчать проведені лабораторні та польові дослідження. Це забезпечить ефективне визначення глибини залягання ущільненого прошарку ґрунту в сучасних технологіях рослинництва.

Література:

1. Воробьев Е. А. Теория ультразвуковых колебаний как основа построения и применения технических средств получения информации. Санкт-Петербург, 2012. 59 с.

2. Антипчук Б. О. Ультразвуковий експериментальний пристрій – основний елемент автоматизованої системи керування положенням грунторозпушувача. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Кропивницький, 2017. Вип. 47. Ч. 1. С. 47-51: іл.

3. Исакович М. А. Общая акустика. Москва, 1973. С. 386-392.

4. Мироненко В. Г., Антипчук Б. О. Пристрій оперативного визначення глибини залягання плужної підошви в процесі її розущільнення. Механізація та електрифікація сільського господарства. Глеваха, 2017. Вип. 5 (104). С. 28-34.

5. Мироненко В. Г. Науково-технічні основи розробки засобів механізації з керованою якістю виконання технологічних процесів у рослинництві: дисерт. докт. техн. наук. Київ, 2006. 398 с.