

Цизь І.Є.¹, Голій О.В.², Хвесик В.О.³, Оласюк Я.В.³, Деміх І.В.³
Луцький національний технічний університет¹
ДПЕДГ «Еліта»²
Любешівський технічний фаховий коледж ЛНТУ³

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ТА ЗНАРЯДДЯ ДЛЯ ГЛИБОКОГО РОЗПУШЕННЯ ГРУНТУ

Одним із визначальних факторів фізичної деградації ґрунтів нашої країни є їх переущільнення. Дослідженнями встановлено, що 39 % площ ріллі у нашій державі перебувають у переущільненому стані тобто їх твердість у плужній підшві перевищує 35-40 кгс/см². Важливим елементом усунення такого негативного явища є встановлення контурів площ із ґрунтами, твердість яких перевищує допустимі межі. Тому науковцями обґрунтовано доцільність збільшення кількості вимірювань на одиниці площі, що забезпечує репрезентативність отриманих даних. Також акцентується увага на доцільності застосування постійної сітки вимірювань із прив'язкою до координат точок замірів та контуру поля.

Проблема деградації ґрунтів шляхом їх переущільнення сприяла появі широкої пропозиції машин для глибокого розпушення ґрунту від провідних виробників ґрунтообробної техніки. Усі запропоновані знаряддя є високопродуктивними машинами та вимагають енергонасичених тракторів із потужністю двигуна від 40 кВт. У той же час практично відсутня пропозиція машин такого класу для мінітракторів із потужністю двигуна 20-25 кВт, що не дозволяє провести заходи глибокого розпушення на невеликих ділянках площею до 0,5 га. Проте більшість із них мають ущільненням підорного шару ґрунту до 30 і більше кг/см².

Тому метою дослідження є встановлення впливу способу обробітку ґрунту на його твердість та обґрунтування конструкції знаряддя для розпушення підорного шару ґрунту для трактора із потужністю двигуна в межах 20-25 кВт. Для вирішення поставленої мети розроблено методику дослідження з використанням приладу «Лан-М PRO» та мобільного додатку фірми Farmis, яка дозволяє отримувати об'єктивну інформацію про величину твердості ґрунту, її зміну за площею поля, глибиною у межах 2,5-60 см та з часом із чіткою актуалізацією точок замірів.

Також розроблена універсальна конструкція культиватора, яка дозволяє його використання, як для глибокого обробітку, так і для звичайного суцільного обробітку ґрунту. Для виконання робіт із глибокого розпушення таким культиватором достатнім є тягове зусилля трактора ХТЗ-3510 при його русі на другій передачі. Вказаний результат досягається завдяки ярусному розташування розпушувачів та удосконаленому їх кріпленню до рами.

Результати дослідження твердості ґрунту дослідної ділянки показали, що після першого обробітку ґрунту, який тривалий час не оброблявся, відбувається стабілізація його твердості у межах досліджуваних глибин. Дана твердість лише у окремих зонах, у яких очевидно час від часу рухались КТЗ, виходила за допустимі для нормального росту кореневої системи сільськогосподарських рослин значення (понад 35-40 кгс/см²). Оранка таких полів на глибину 18-20 см та наступна культивування на глибину 10-12 см навпаки призводить до ущільнення підорного шару. Це підтверджено тим, що в усіх варіантах дослідження на глибині 25 см і більше було виявлено значно більше зон із твердістю ґрунту понад 35 кгс/см². Очевидно, що на зростання твердості певний вплив мали і рясні атмосферні опади. У той же час використання модернізованого культиватора-глибокорозпушувача дозволила знизити твердість ґрунту у шарі 5-30 см до значень які не перевищують 30 кгс/см². Що підтверджує доцільність впровадження запропонованої у роботі конструкції ярусного культиватора-глибокорозпушувача.

Ключові слова: твердість ґрунту, глибоке розпушення, конструкція культиватора-глибокорозпушувача, тягове зусилля, кронштейн, рама, ярусне розташування лап

ВСТУП

Основним фактором формування потенціалу виробництва сільськогосподарської продукції України є наявність великих площ родючих ґрунтів. Проте намагання отримати максимальні прибутки спричинили домінування незбалансованої системи землекористування за якої активізуються процеси деградації ґрунтів [1]. ДСТУ 7874: 2015 визначено, що «деградація - це природні й антропогенні процеси погіршення природних властивостей та режимів ґрунтів, які спричиняють стійкі негативні зміни їхніх функцій, знижують стійкість і зменшують родючість» [2]. Даний документ визначає погіршення фізичних властивостей ґрунту, як фізичний тип деградації ґрунтів.

Дослідженнями встановлено, що 39 % площ ріллі у нашій державі деградовані за рахунок їх переущільнення [4]. Тому важливим елементом у стабілізації та досягненні нейтрального рівня поширення процесів фізичного типу деградації є встановлення контурів площ із ґрунтами, твердість яких перевищує допустимі межі та розробкам доступних для усіх агровиробників знарядь здатних проводити розпушення переущільнених шарів ґрунту.

АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Науковці визнають твердість інтегральним показником фізичного стану ґрунту, який у свою чергу залежить від його гранулометричного складу, структури, щільності та вологості тощо [3, 11]. Значний вклад у теоретичні та експериментальні дослідження процесу ущільнення ґрунтів і його вплив на ріст рослин здійснив академік Медведєв В.В. [4, 5, 6]. У цих дослідженнях встановлено, що твердість ґрунту в плужній підшві понад 35-40 кгс/см² чинить шкоду та перешкоджає росту коріння культурних рослин, а допустимими є значення до 20-25 кгс/см². У праці [5] також наведено опис основних конструкцій приладів для визначення твердості ґрунту (твердомірів) та рекомендовані методики для їх використання.

Переваги та недоліки сучасних технічних засобів для дослідження твердості ґрунту, включаючи ґрунтові сканери, розглянуто у праці [7]. У працях [5, 7] обґрунтовано доцільність збільшення кількості вимірювань на одиниці площі, що забезпечує репрезентативність отриманих даних. Також акцентується увага на доцільності застосування постійної сітки вимірювань із прив'язкою до координат точок замірів та контуру поля.

Проблема деградації ґрунтів шляхом їх переущільнення є надзвичайно актуальною для нашої країни не залежно від природно-кліматичних умов та використовуваних систем землеробства [1]. Тому провідні виробники ґрунтообробної техніки пропонують на ринку широку гаму машин для глибокого розпушення ґрунту. Як правило, за такими знаряддями закріплена назва чизель-культиватор або просто чизель. У перекладі з англійського chisel це долото, різець. У якості сільськогосподарської машини - це знаряддя для глибокого розпушення ґрунту з поглибленням орного шару без перевертання пласта [12]. Основним робочим органом глибокорозпушувачів є розпушуючі лапи. Також такі знаряддя доукомплектовуються дисковими подрібнювачам, котками різноманітної конструкції тощо [8]. Одними з провідних світових виробників глибокорозпушувачів є фірми Great Plains, John Deere, Amazone, Gregoire Besson, Wil-Rich, Case IH, Maschio Gaspardo, Quivogne тощо [9]. Аналіз інформації наведеної на web-сайтах цих фірм вказує на різноманітність конструкцій машин для глибокого розпушення ґрунту та руйнування плужної підшви. Усі запропоновані знаряддя є високопродуктивними машинами та вимагають енергонасичених тракторів із потужністю двигуна від 40 кВт (глибокорозпушувач ANTARES-1 фірми Jutra). У той же час практично відсутня пропозиція машин такого класу для мінітракторів із потужністю двигуна 20-25 кВт. Така ситуація не дозволяє провести заходи глибокого розпушення на невеликих присадибних ділянках площею до 0,5 га. Проте більшість таких земельних ділянок обробляється малопотужними тракторами на глибину у межах 15-20 см із ущільненням підорного шару до 30 і більше кг/см².

Перші спроби розробки знаряддя для глибокого розпушення зроблені науковцями Полтавської державної аграрної академії. Ними запропоновано конструкцію ножа глибокорозпушувача для мотоблоку потужністю 4,41 кВт [10].

Підсумовуючи слід зазначити, що потребує розробки машина, яка здатна виконувати розпушення підорного шару ґрунту у межах глибин 20-50 см, а для її використання було б достатньо трактора із потужністю двигуна в межах 20-25 кВт. Також потребують дослідження закономірності розподілу твердості ґрунту земельних ділянок із максимальною дискретизацією вимірювань та прив'язкою до постійних координат із використанням GPS-трекерів.

ЦІЛЬ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою роботи є встановлення впливу способу обробітку ґрунту на його твердість та обґрунтування конструкції знаряддя для розпушення підорного шару ґрунту для трактора із потужністю двигуна в межах 20-25 кВт.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Методика експериментального дослідження твердості ґрунту. Відповідно до поставленої мети було розроблено методику дослідження зміни твердості ґрунту залежно від способу його обробітку. Дана методика базувалась на використанні твердоміра ґрунту «Лан-М PRO» НВК «МОТОМ» (рис. 1). Він складається із металевого щупа 1, поверх якого кріпиться основа 4 із рукоятками та електронний блок 3. Прилад обладнаний датчиком відстані і сили. На передній панелі електронного блоку розміщено дисплей (рис. 1, б) та клавіатуру. Для здійснення вимірювання з прив'язкою до координат у приладі вбудований GPS-трекер.

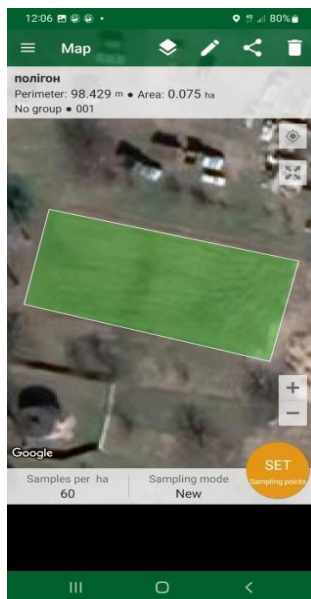
Для формування рівномірної сітки замірів твердості на дослідній ділянці із прив'язкою до GPS координат використовували мобільний додаток фірми Farmis. З допомогою даного додатку здійснюють формування контуру досліджуваного поля та вибір бажаної кількості вимірів на гектарі (рис. 2, а). Даний додаток автоматично визначав положення точок для здійснення замірів, а досліднику можна визначити орієнтацію рядів проб відповідно до орієнтації, наприклад, напрямку

руху посівного агрегату. Після запуску процесу вимірювання додаток вказує шлях до найближчої точки для здійснення вимірювання (рис. 2, б), а після досягнення вказаної точки на екрані з'являється піктограма у вигляді лопатки червоного кольору. Після завершення вимірювань сітку розбивки зберегли у пам'яті смартфона та використовувати під час повторних вимірювань.

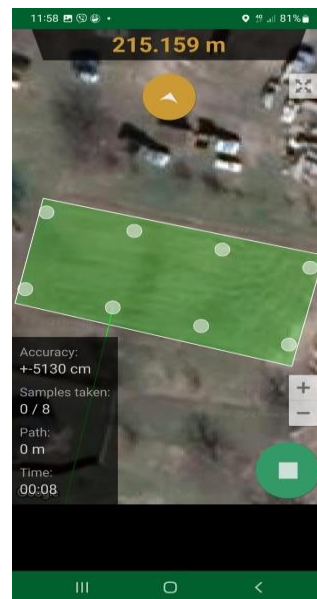


б

Рис. 1 – Загальний вигляд твердоміра ґрунту «Лан-М PRO» (а) та головне зображення дисплею (б): 1 – металевий щуп; 2 - наконечник малий (d=12,7 мм); 3 – електронний блок; 4 – основа із рукоятками; 5 – наконечник великий (d=19,1 мм)



а



б

Рис. 2 - Діалогові вікна програми розбивки поля для здійснення замірів твердості ґрунту

Дослідження впливу способів обробки ґрунту на зміну його твердості у проводились на земельній ділянці площею 0,075 га агрополігону кафедри Аграрної інженерії ім. проф. Г.А. Халіса ЛНТУ.

Обробіток ґрунту проводили агрегатами у складі:

- основний обробіток - трактор ХТЗ-3510 та навісний плуг ПЛН-2-25;
- поверхневий обробіток – трактор ХТЗ-3510, культиватор КУ- 1,6 та зубові борони;
- глибоке розпушення - трактор ХТЗ-3510, модернізований культиватор КУ- 1,6 та зубові борони.

Обґрунтування конструкції знаряддя. На основі здійсненого у попередньому розділі аналіз літературних джерел та науково-технічної інформації розроблялась універсальною конструкція культиватора, яка б дозволяла використання його як для глибокого обробітку так і для звичайного

суцільного обробітку ґрунту. Завдяки такому знаряддю буде забезпечено комплекс робіт із обробітку ґрунту. За аналог було взято культиватор КУ- 1,6. Даний культиватор має зварено із квадратних труб раму та стрілочасті лапи із стандартною стійкою.

Для кріплення лап до рами культиватора застосуємо кронштейн із різьбовою скобою (рис.3). Практика використання такого кріплення у машині аналогу (рис. 3, а) показала низьку його надійність через руйнування зварного шва, що з'єднує кронштейн 8 із пластиною 7, а також деформація пластини 7 у зоні отворів під різьбові скоби 1. Також дане кріплення не забезпечує чіткої фіксації стійки лапи 5 у кронштейні 8 болтом 6. Через послаблення затягування болта 6 лапи часто випадають із кріплення при підйманні культиватора, а стійки відхиляються у зад за ходом культиватора через відсутність опори у передній частині кронштейна. Тому нами була розроблена удосконалена конструкція такого кріплення. Для цього пластина 7 була виготовлена із швелера №8 (рис. 3, б та в). Завдяки полицям швелера пластина набула жорсткості і не прогинається у зоні отворів різьбових скоб. Конструкцію кронштейна змінено таким чином щоб він за всією довжиною пластини 7 був приварений до неї. Також у кронштейні додатково приварена пластина 9, яка забезпечує утримання стійки лапи 5 у вертикальному положенні. Для надійного затискання лапи у кронштейні на болт 6 встановлена контргайка 11. З метою зниження динамічного впливу коливань лапи через зміну твердості ґрунту та тимчасові перевантаження між рамою культиватора та пластиною 7 встановлено гумову демпферну прокладку 10.

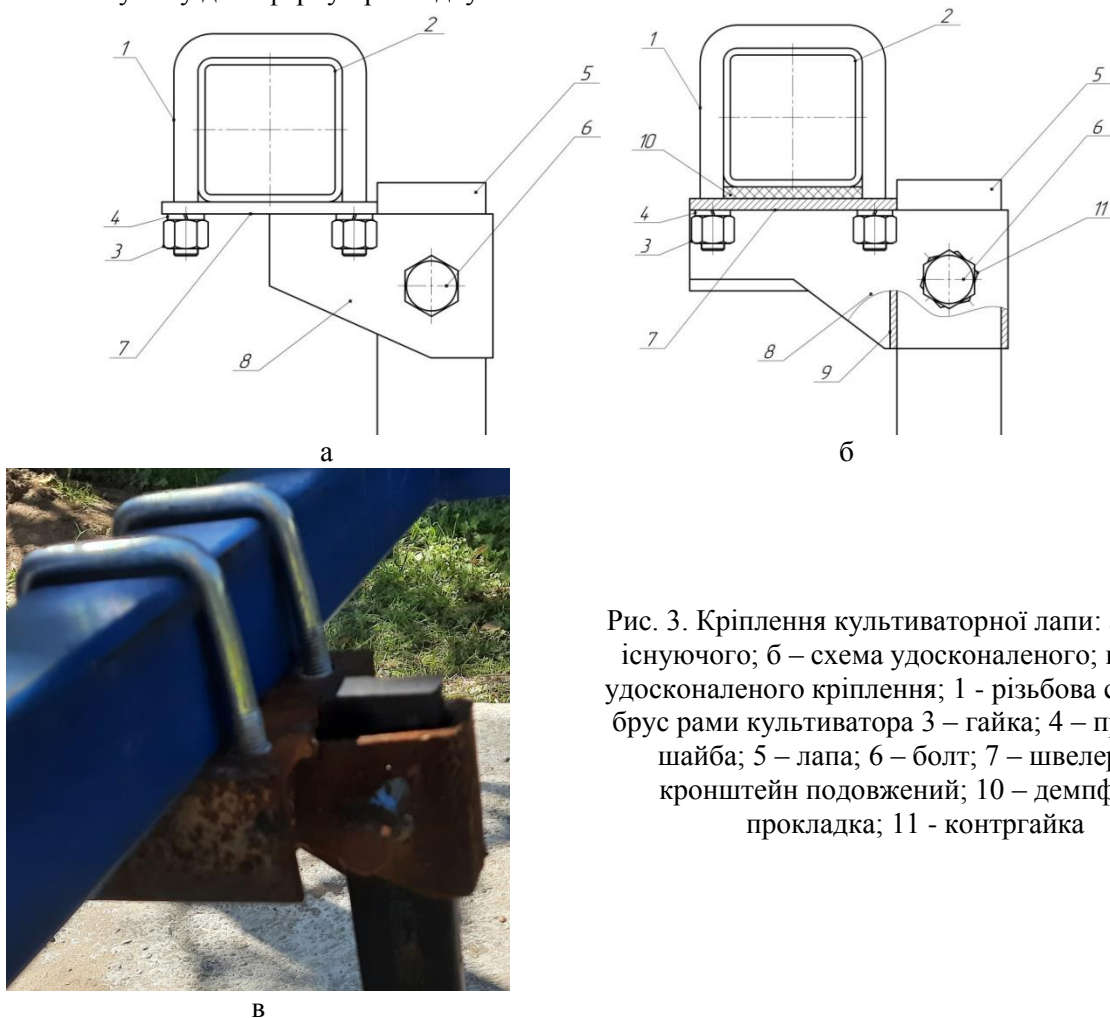


Рис. 3. Кріплення культиваторної лапи: а – схема існуючого; б – схема удосконаленого; в – фото удосконаленого кріплення; 1 - різьбова скоба; 2 – брус рами культиватора 3 – гайка; 4 – пружинна шайба; 5 – лапа; 6 – болт; 7 – швелер; 8 – кронштейн подовжений; 10 – демпферна прокладка; 11 - контргайка

З метою реалізації зазначеного раніше принципу універсальності нами розроблена удосконалена конструкція рами, яка на відміну від машини аналога містить три поперечних бруси (рис. 4). Завдяки використанню такої конструкції забезпечена можливість зміни розташування лап на рамі залежно від використання культиватора. Так у випадку використання культиватора для розпушення поверхневого шару ґрунту на культиватор встановлюватимуться 10 лап (рис. 4, а). На перший та другий поперечні бруси по 3 лапи, а на четвертий - 4 лапи. Відстань між лапами на кожному брусі згідно рекомендацій становитиме 500 мм, а загалом лапи завдяки відносному

зміщенню по брусах забезпечуватимуть суцільний обробіток ґрунту за шириною захвату культиватора у 1600 мм.

У випадку використання культиватора для глибокого розпушення ґрунту на усіх брусах встановлюватимуться по 3 лапи (рис. 4, б). Причому лапи кожного наступного бруса рухатимуться за тією ж лінією, що і попереднього, тобто знаходитимуться у «тіні» сліду попередньої лапи. Шляхом регулювання розташування лап кожного ряду у кронштейнах кріплення буде забезпечуватись глибина ходу лап: перший ряд – 10 см; другий ряд – 20 см; третій ряд – 30 см.

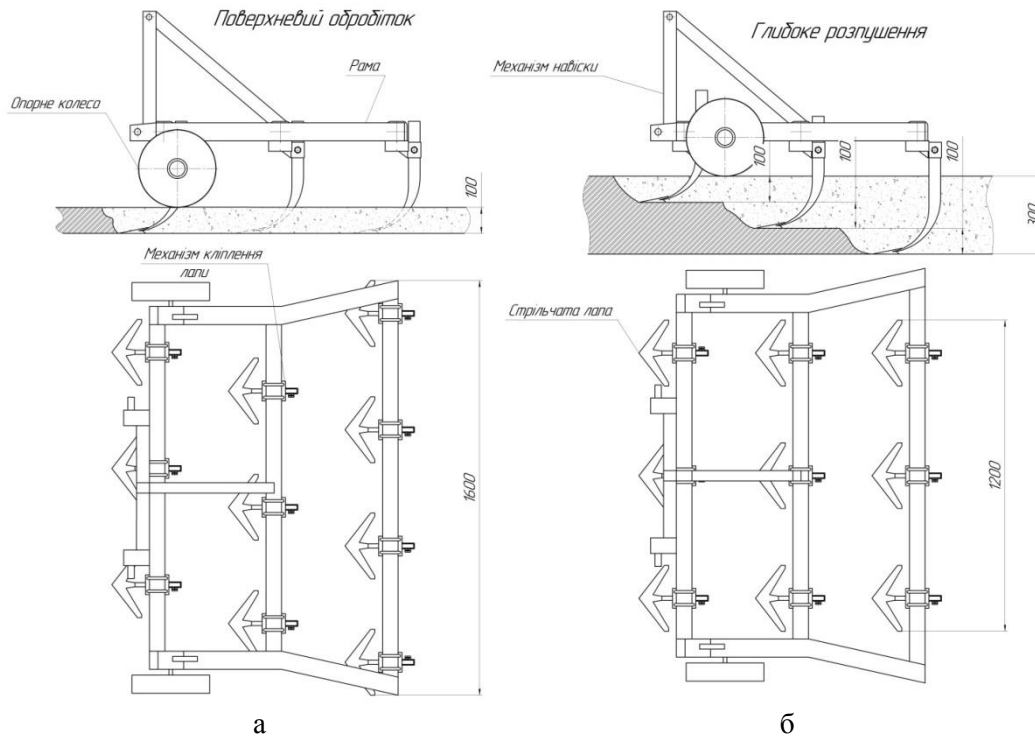


Рис. 4 – Схема універсального культиватора: а – комплектація для поверхневого обробітку; б – комплектація для глибокого розпушення

Таким чином лапи кожного ряду рухатимуться у не розпушеному шарі ґрунту товщиною 10 см, що забезпечить рівномірне навантаження на елементи конструкції культиватора та трактора. У той же час глибина ходу останнього ряду лап забезпечуючи глибину обробки шару ґрунту на глибині 30 см гарантуватиме повне руйнування ущільненого підорного шару плужної п'яти. У такому випадку ширина обробітку культиватором складатиме 1200 мм, що відповідає колії тракторів із потужністю двигуна до 25 кВт. Також даний культиватор рекомендується обладнувати котком із ріжучими шипами або у спрощеній версії - навісними зубовими боронами.

Теоретичні розрахунки показали, що для виконання робіт із глибокого розпушення таким культиватором потрібно долати опір у 5041 Н, а наприклад трактор ХТЗ-3510 на другій передачі розвиває тягове зусилля у 7500 Н. Таким чином тягового зусилля трактора такого класу буде цілком достатньо для виконання операцій з глибокого розпушення запропонованим культиватором.

Для експериментальних досліджень впливу глибокого розпушення на твердість ґрунту було проведено модернізацію існуючого культиватора КУ-1,6 шляхом встановлення лише трьох лап із удосконаленим за схемою наведеною на рис. 3, б кріплення до рами. Оскільки попередньо проводились роботи із основного та поверхневого обробітку то у вказаному варіанті комплектації лапи пули встановлені на глибину обробітку 30 см (рис. 5, а).

Результати дослідження впливу способу обробітку на твердість ґрунту. Відповідно до описаної методики було проведено дослідження твердості ґрунту у шести зафіксованих додатком soil sampler точках дослідної ділянки агрополігону кафедри аграрної інженерії ім. проф. Г.А. Хайліса ЛНТУ. Дана ділянка тривалий час не оброблялась. Восени 2021 р. проведено першу оранку ґрунту на даній ділянці. Через значну її забур'яненість та наявність сторонніх предметів (залишки будівельних матеріалів, пляшки тощо) якість обробітку була дуже низькою (рис. 6, а).



Рис. 5 – Фото модернізованого культиватора КУ-1,6 у агрегаті із трактором ХТЗ-3510



Рис. 6 – Стан ділянки після першої осінньої оранки (а) та після весняної оранки (б)

Весною 2022 р. було проведено боротьбу із бур'янами хімічним методом та наступну повторну оранку (24.05). Після чого значно покращився стан поля із забрудненням коренепаростковими бур'янами (рис. 6, б)

Далі 14.06.2022 р. було проведено культивацію ділянки на глибину 8-10 см у складі культиватора КУ-1,6 із зубовими боронами та трактора ХТЗ-3110. 15.06.2022 мали місце опади у вигляді дощу, а 16.06.2022 були проведені перші заміри твердості ґрунту результати яких наведені на рис. 7-8.

30.06.2022 р. було проведено 2 культивацію на глибину 10-12 см. Знову відбулись значні атмосферні опади у вигляді дощу, а 5.07.2022 р. проведено друге вимірювання твердості ґрунту у фіксованих точках. Результати вимірювань наведені на рис. 9 та 10.

28.07.2022 р. було проведено диференційований обробіток ділянки. Тобто було здійснено 1 прохід (ширина 1,2 м) агрегатом у складі модернізованого культиватора глибокоропшувача (30 см) із зубовими боронами та трактора ХТЗ-3510 (див. рис. 5, б), а решта поля була оброблена культиватором КУ-1,6 на глибину 10-12 см. Після цього 2.08.2022 р. проведено чергове вимірювання твердості ґрунту результати якого наведено на рис. 11 та 12.



а



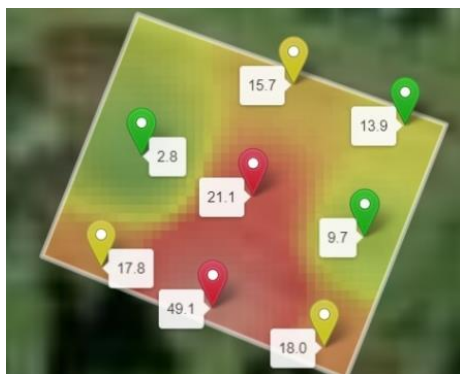
б



В



Г

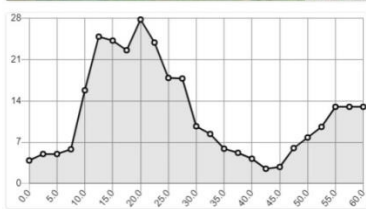


Д

Рис. 7 – Діаграми зміни твердості ґрунту після першої культивування за глибинами: а – 5 см; б – 15 см; в – 25 см; г – 35 см; д – 45 см

Дата/час 14.06.2022
12:30
Широта 50.726450
Довгота 25.297626
Тип наконечника
Малий

Глибина, см	Зусилля, кг/см ²
0.0	3.9
2.5	5.0
5.0	5.0
7.5	5.8
10.0	15.8
12.5	24.9
15.0	24.23
17.5	22.6
20.0	27.8
22.5	23.9
25.0	17.9
27.5	17.8
30.0	9.7
32.5	8.4
35.0	5.9
37.5	5.2
40.0	4.2
42.5	2.5
45.0	2.8
47.5	6.0
50.0	7.8
52.5	9.6
55.0	13.0
57.5	13.0
60.0	13.0



а

Дата/час 14.06.2022
12:35
Широта 50.726422
Довгота 25.297748
Тип наконечника
Малий

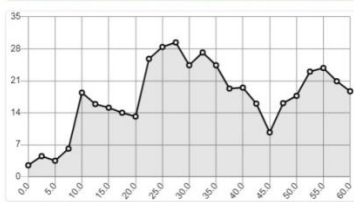
Глибина, см	Зусилля, кг/см ²
0.0	3.0
2.5	4.7
5.0	6.6
7.5	11.5
10.0	14.1
12.5	18.6
15.0	18.5
17.5	25.0
20.0	23.9
22.5	22.6
25.0	24.0
27.5	23.5
30.0	22.4
32.5	21.3
35.0	13.4
37.5	13.7
40.0	24.5
42.5	25.0
45.0	21.1
47.5	19.9
50.0	16.4
52.5	17.3
55.0	18.1
57.5	19.8
60.0	19.8



б

Дата/час 14.06.2022
12:37
Широта 50.726394
Довгота 25.297870
Тип наконечника
Малий

Глибина, см	Зусилля, кг/см ²
0.0	2.5
2.5	4.5
5.0	3.5
7.5	6.13
10.0	18.4
12.5	15.9
15.0	15.1
17.5	14.0
20.0	13.18
22.5	25.8
25.0	28.4
27.5	29.4
30.0	24.4
32.5	27.2
35.0	24.4
37.5	19.3
40.0	19.5
42.5	16.0
45.0	9.7
47.5	16.1
50.0	17.7
52.5	23.0
55.0	23.8
57.5	20.9
60.0	18.7



в

Рис. 8 – Звіти за результатами вимірювання твердості після першої культивування у трьох точках (а, б, в) по середині дослідної ділянки

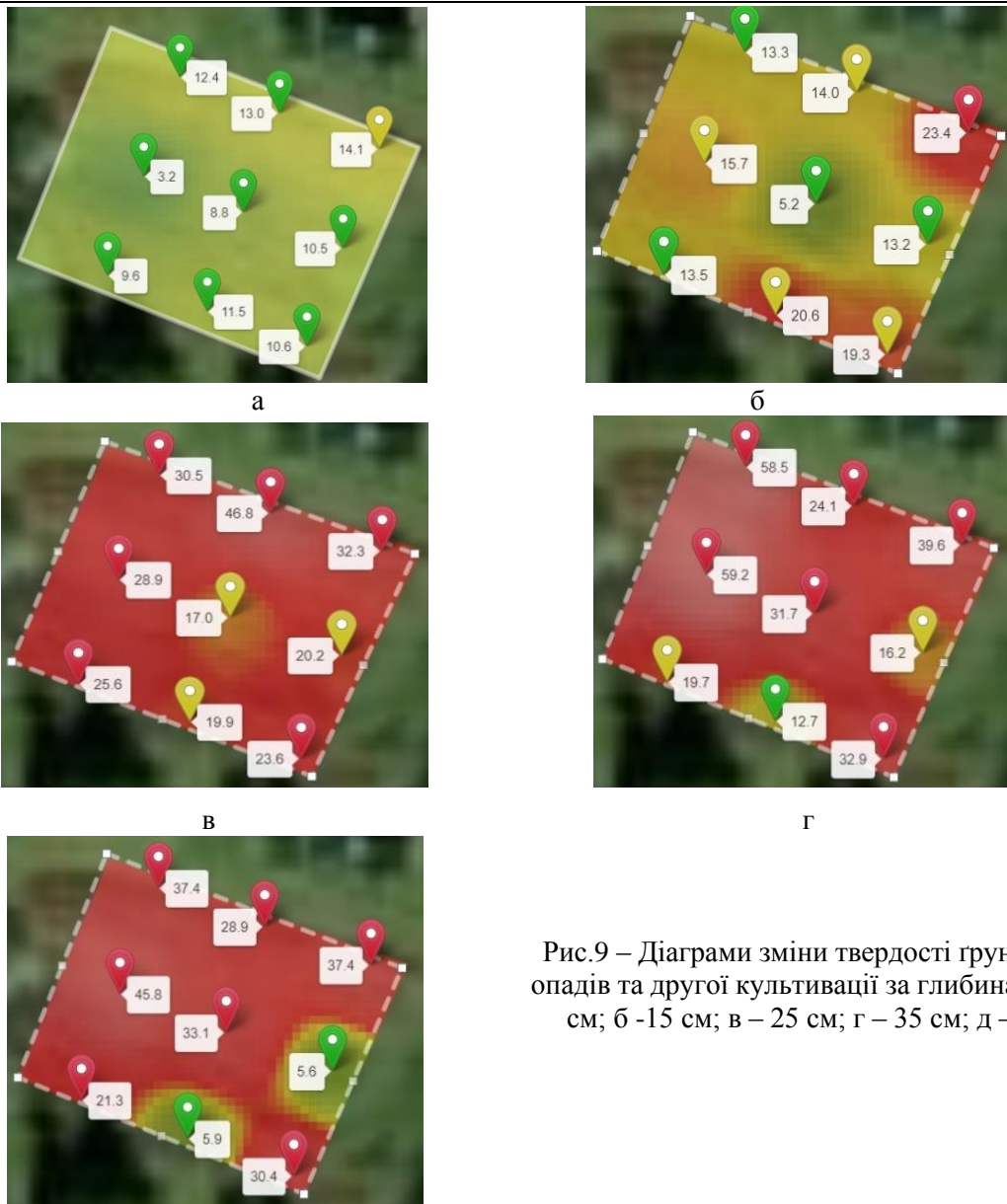
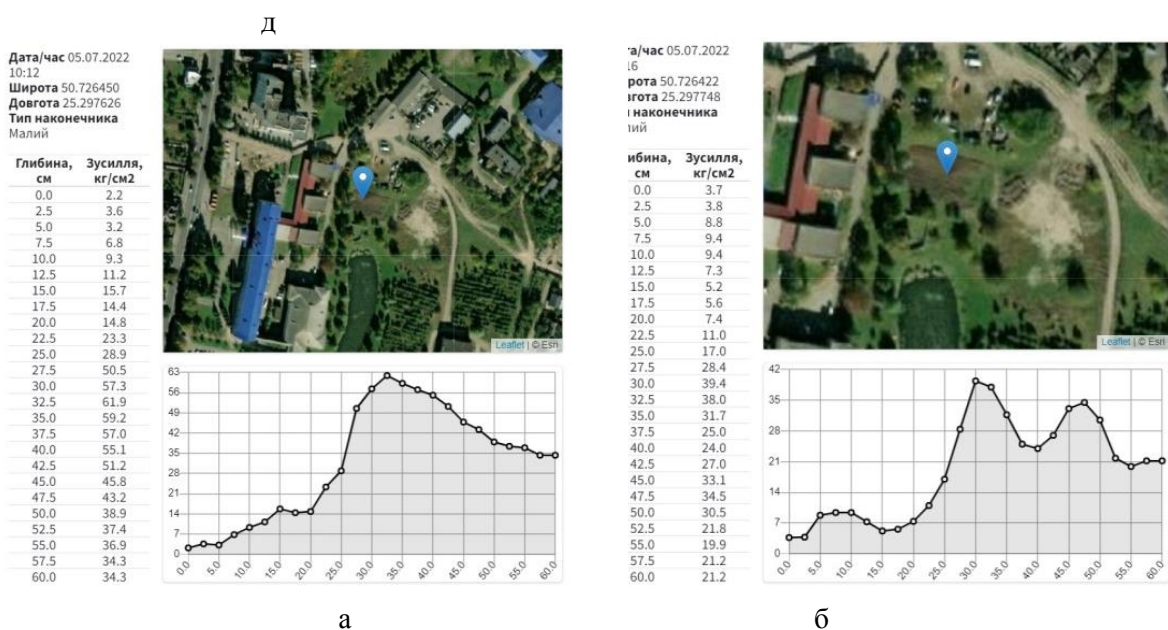


Рис.9 – Діаграми зміни твердості ґрунту після опадів та другої культивуації за глибинами: а – 5 см; б – 15 см; в – 25 см; г – 35 см; д – 45 см



а

б

Дата/час 05.07.2022
10:18
Широта 50.726394
Довгота 25.297870
Тип наконечника
Малій

Глибина, см	Зусилля, кг/см ²
0.0	8.5
2.5	10.0
5.0	10.5
7.5	12.2
10.0	15.9
12.5	18.4
15.0	13.2
17.5	25.0
20.0	25.2
22.5	19.0
25.0	20.2
27.5	20.2
30.0	19.8
32.5	18.4
35.0	16.2
37.5	14.4
40.0	12.1
42.5	10.9
45.0	5.6
47.5	4.6
50.0	6.1
52.5	9.4
55.0	10.7
57.5	11.7
60.0	11.7

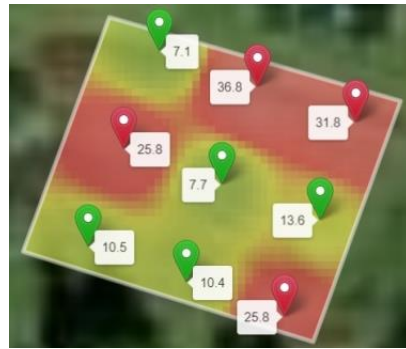


В

Рис. 10 – Звіти за результатами вимірювання твердості після опадів та другої культивуації у трьох точках (а, б, в) по середині дослідної ділянки



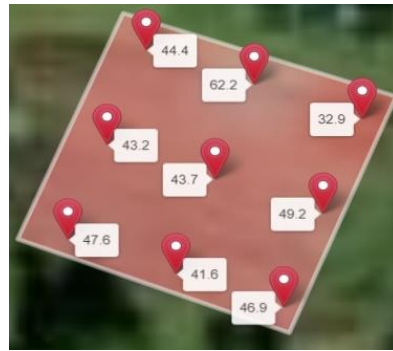
а



б



в



г

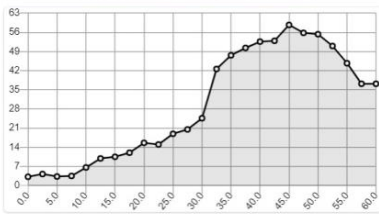
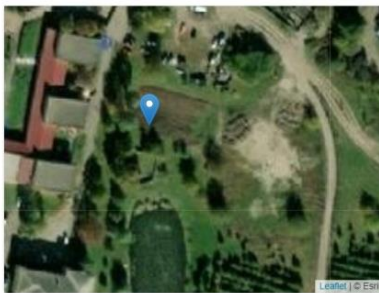


д

Рис. 11 – Діаграми зміни твердості ґрунту після диференційованого обробітку за глибинами: а – 5 см; б -15 см; в – 25 см; г – 35 см; д – 45 см

Дата/час 02.08.2022
10:58
Широта 50.726372
Довгота 25.297582
Тип наконечника
Малий

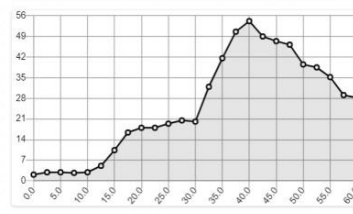
Глибина, см	Зусилля, кг/см ²
0.0	3.2
2.5	4.2
5.0	3.3
7.5	3.5
10.0	6.6
12.5	9.9
15.0	10.5
17.5	12.0
20.0	15.6
22.5	15.0
25.0	18.9
27.5	20.5
30.0	24.6
32.5	42.6
35.0	47.6
37.5	50.3
40.0	52.6
42.5	52.9
45.0	58.7
47.5	55.8
50.0	55.3
52.5	51.0
55.0	44.7
57.5	37.2
60.0	37.2



а

Дата/час 02.08.2022
11:01
Широта 50.726344
Довгота 25.297704
Тип наконечника
Малий

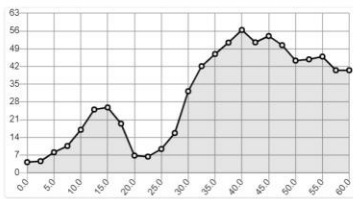
Глибина, см	Зусилля, кг/см ²
0.0	2.1
2.5	2.9
5.0	2.9
7.5	2.7
10.0	2.9
12.5	5.1
15.0	10.4
17.5	16.4
20.0	18.0
22.5	18.0
25.0	19.4
27.5	20.5
30.0	20.1
32.5	31.9
35.0	41.6
37.5	50.6
40.0	54.2
42.5	49.0
45.0	47.4
47.5	46.2
50.0	39.5
52.5	38.5
55.0	35.2
57.5	29.1
60.0	28.2



б

Дата/час 02.08.2022
11:11
Широта 50.726317
Довгота 25.297826
Тип наконечника
Малий

Глибина, см	Зусилля, кг/см ²
0.0	4.2
2.5	4.6
5.0	8.11
7.5	10.6
10.0	17.0
12.5	25.0
15.0	25.8
17.5	19.4
20.0	6.8
22.5	6.4
25.0	9.4
27.5	15.7
30.0	32.2
32.5	42.1
35.0	46.9
37.5	51.4
40.0	56.4
42.5	51.5
45.0	54.0
47.5	50.4
50.0	44.3
52.5	44.8
55.0	45.9
57.5	40.5
60.0	40.5



в

Рис. 12 – Звіти за результатами вимірювання твердості після диференційованого обробітку у зоні проведеного глибокого розпушування за трьома точками (а, б, в)

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Аналіз отриманих результатів показує, що після першого обробітку ділянок, які тривалий час не оброблялись, відбувається стабілізація твердості ґрунту у межах досліджуваних глибин. Дана твердість лише у окремих зонах, у яких очевидно час від часу рухались КТЗ, виходила за допустимі для нормального росту кореневої системи сільськогосподарських рослин значення (понад 35-40 кгс/см²). Оранка таких полів на глибину 18-20 см та наступна культивуація на глибину 10-12 см навпаки призводить до ущільнення підорного шару, адже в усіх варіантах дослідження на глибині 25 см і більше було виявлено значно більше ділянок із твердістю ґрунту понад 35 кгс/см². Очевидно, що на зростання твердості певний вплив мали і рясні атмосферні опади. У той же час використання модернізованого культиватора-глибокорозпушувача дозволила знизити твердість ґрунту у шарі 5-30 см до значень які не перевищують 30 кгс/см². Що підтверджує доцільність впровадження запропонованої у роботі конструкції ярусного культиватора-глибокорозпушувача.

ВИСНОВОК

Важливим завданням сьогодення для аграрного виробництва України є зупинення деградації ґрунтів. Одним із визначальних показників втрати родючості ґрунту є руйнування його структури і як результат зростання твердості. Основним чинником у цьому плані виступає утворення підорного шару у вигляді плужної підшви.

Наявна пропозиція знарядь для глибокого розпушення ґрунту обмежена високопродуктивними машинами, які агрегатуються із енергонасиченим тракторами потужністю від 40 кВт. У той же час значна кількість сільськогосподарських угідь перебуває у використанні одноосібних селянських господарств і не зважаючи на незначні розміри окремих земельних ділянок їм також притаманні явища деградації ґрунту через переущільнення підорного шару. Тому

перспективною є розробка глибокорозпушувача, що може агрегатуватись із тракторами потужністю в межах 20-25 кВт та мав би конструкцію уніфіковано із існуючими культиваторами.

Розроблена універсальною конструкція культиватора дозволяє його використання, як для глибокого обробітку, так і для звичайного суцільного обробітку ґрунту. Для виконання робіт із глибокого розпушення таким культиватором достатнім є тягове зусилля трактора ХТЗ-3510 при його русі на другій передачі. Вказаний результат забезпечено ярусним розташування розпушуючих лап та удосконаленням їх кріплення до рами.

На ґрунтах, які тривалий час не обробляються, відбувається стабілізація твердості ґрунту у межах досліджуваних глибин. Дана твердість лише у окремих зонах, у яких очевидно час від часу рухались КТЗ, виходила за допустимі значення (понад 35-40 кгс/см²). Оранка таких ґрунтів на глибину 18-20 см та наступна культивация на глибину 10-12 см навпаки призводить до ущільнення підорного шару. Очевидно, що на зростання твердості певний вплив мають значні атмосферні опади у вигляді дощу. У той же час використання модернізованого культиватора-глибокорозпушувача дозволила знизити твердість ґрунту у шарі 5-30 см до допустимих значень. Такий результат підтверджує доцільність впровадження розробленої конструкції ярусного культиватора-глибокорозпушувача.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

- 1.Балюк С.А., Медведєв В.В., Воротинцева Л.І., Шимель В.В. Сучасні проблеми деградації ґрунтів і заходи щодо досягнення нейтрального її рівня // Вісник аграрної науки, 2017, № 8. С. 5-11
- 2.Охорона ґрунтів. Деградація: ДСТУ 7874: 2015. [Чинний від 2015 –06 – 22]. К.: ДП «УкрНДНц», 2016. 9 с.
- 3.Grunwald S., Rooney D.J., McSweeney K., Lowery B. Development of pedotransfer functions for a profile cone penetrometer // Geoderma. 2001. V.100. №1-2. Pp. 25-47.
- 4.Медведєв В.В. Наукові підходи до оцінювання якості ґрунтів регіонів (на прикладі України) // Сб. научн. трудов «Страны и регионы на пути к сбалансированному развитию». К., 2003. С. 62–64.
- 5.Медведєв В.В. Твердость почв. Харьков. Изд. КГ1 «Городская типография», 2009, 152 с.
- 6.Медведєв В.В. Твердість ґрунту як критерій для обґрунтування технологій і технічних засобів з його обробітку // Вісник аграрної науки, 2010, № 4. С. 14-18.
- 7.Комісар Є.О., Зубко В.М. Твердість ґрунту - огляд сучасних методів та пристроїв / Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів», випуск 3 (41), 2020. с. 26-32.
- 8.Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. К.: Вища освіта, 2004. 544 с.
- 9.Бромот І. Глибокорозпушувач. Навіщо він мені потрібен? Режим доступу: <https://traktorist.ua/articles/883-glibokorozpushuvachi--vse-scho-treba-znati-pro-nih>.
- 10.Ляшенко С. В. Технологія глибокого розпушування ґрунту присадибних ділянок // ВІСНИК Полтавської державної аграрної академії, № 3, 2015. С. 150-154.
- 11.Іванюк В., Іванюк Г. Вплив неоднорідності ґрунтового покриву і сільськогосподарських культур на твердість ґрунту // Вісник Львівського національного університету природокористування. Серія «Агрономія», №24, 2020. С. 33-37.
- 12.Nukeshev, S., Yeskhozhin, K., Karaivanov, D., Ramaniuk, M., Akhmetov, E., Saktaganov, B., & Tanbayev, K. A Chisel Fertilizer for In-Soil Tree-Layer Differential Application in Precision Farming. International Journal of Technology, 14(1), 2022 109-118. <https://doi.org/10.14716/IJTECH.V14I1.5143>

REFERENCES

1. Balyuk S.A., Medvedev V.V., Vorotyntseva L.I., Shimel V.V. Suchasni problemy degradatziy gruntiv i zahodi shodo dosiagnennya neitralnogo ii rivnia // Visnik agrarnoi nauky. - 2017, № 8. - S. 5-11
2. Ohorona gruntiv. Degradatziya: DSTU 7874: 2015. [Chynnyii vid 2015 –06 – 22]. - K.: DP «UkrNDHtz», 2016. - 9 s.
3. Grunwald S., Rooney D.J., McSweeney K., Lowery B. Development of pedotransfer functions for a profile cone penetrometer // Geoderma. 2001. - V.100. - №1-2. - Pp. 25-47.
4. Medvedev V.V. Naukovi pidhody do otzinyuvannya yakosti gruntiv regioniv (na prykladi Ukrainy) // Sb. nachn.trudov «Strany i regiony na puti k sbalansirovannomu razvitiyu». - K., 2003. - S. 62–64.
5. Medvedev V.V. Tverdost pochv. - Harkov: Izd. KG1 «Gorodskaya typografiya», 2009. - 152 s.

6. Medvedev V.V. Tverdist gruntu yak kryterii dlya obgruntuvannya tehnologii i technichnyh zasobiv z iogo obrobittu // Visnyk agrarnoi nauky. - 2010, № 4. - S. 14-18.
7. Komisar E.O., Zubko V.M. Tverdist gruntu – oglyad suchasnyh metodiv ta prystroiv / Visnyk Sumskogo natsionalnogo agrarnogo universytetu. Seriya «Mehanizatsiya ta avtomatyzatsiya vyrobnychych protzesiv». – Vypusk 3 (41), 2020. - S. 26-32.
8. Silskogospodarski ta melioratyvni mashyny: Pidruchnyk / D.G. Voytyuk, V.O. Dubrovin, T.D. Ishchenko ta in.; Za red. D.G. Voytyuk. - K.: Vusha osvita, 2004. - 544 s.
9. Bromot I. Glybokorozpushuvach. Navisho vin meni potriben? Rezhym dostupy: <https://traktorist.ua/articles/883-glybokorozpushuvachi--vse-scho-treba-znati-pro-nih>.
10. Lyashenko S.V. Technologiya glybokogo rozpushennya gruntu prysadybnyh dilyanok // Visnyk Poltavskoi derzhavnoi agrarnoi akademii. - № 3, 2015. - S. 150-154.
11. Ivanyuk V., Ivanyuk H. Vplyv neodnorodnosti gruntovogo pokryvu i silskogospodarskyh kultur na tverdist gruntu // Visnyk Lvivskogo natsionalnogo universytetu pryrodokorystuvannya. Seriya «Agronomiyz». - №24, 2020. - С. 33-37.
12. Nukeshev, S., Yeskhozhin, K., Karaivanov, D., Ramaniuk, M., Akhmetov, E., Saktaganov, B., & Tanbayev, K. A. Chisel Fertilizer for In-Soil Tree-Layer Differential Application in Precision Farming. International Journal of Technology, 14(1), 2022 109-118. <https://doi.org/10.14716/IJTECH.V14I1.5143>

I. Tsiz, O. Holii, V. Khvesik, Ya. Olasiuk, I. Demikh. Process and tool study for deep soil dissolution

One of the determining factors of the physical degradation of soils in our country is their over-compaction. Research has established that 39% of arable land in our country is in an over-compacted state, that is, their hardness in the plow sole exceeds 35-40 kgf/cm². An important element of eliminating such a negative phenomenon is the establishment of contours of areas with soils whose hardness exceeds the permissible limits. Therefore, the scientists substantiated the expediency of increasing the number of measurements per unit area, which ensures the representativeness of the obtained data. Attention is also focused on the expediency of using a permanent grid of measurements with reference to the coordinates of the measurement points and the field contour.

The problem of soil degradation through their over-compaction contributed to the emergence of a wide range of machines for deep loosening of the soil from the leading manufacturers of tillage equipment. All the proposed implements are high-performance machines and require energy-rich tractors with an engine power of 40 kW or more. At the same time, there is practically no offer of machines of this class for tractors with an engine power of 20-25 kW, which does not allow deep loosening to be carried out on small homesteads with an area of up to 0.5 ha. However, most of them have subgrade compaction up to 30 or more kgf/cm².

Therefore, the purpose of the work is to establish the influence of the method of soil cultivation on its hardness and to substantiate the design of the tool for loosening the subsoil layer for a tractor with an engine power of 20-25 kW. To solve the set goal, a research methodology was developed using the Lan-M PRO device and the mobile application from Farmis, which allows you to obtain objective information about the amount of soil hardness, its change by field area and depth within the range of 2.5-60 cm and over time with a clear update of measurement points.

A universal design of the cultivator was also developed, which allows its use both for deep tillage and for ordinary solid tillage. Theoretical calculations showed that for performing deep loosening work with such a cultivator in a unit with a HTZ-3510 tractor, the traction force of a tractor of this class will be quite sufficient to perform the indicated operation. The specified result is achieved thanks to the tiered arrangement of the loosening paws and their improved attachment to the frame.

The results of the study of the soil hardness of the experimental area showed that after the first cultivation of the areas that had not been cultivated for a long time, the soil hardness stabilizes within the studied depths. This hardness only in certain zones, in which apparently from time to time the wheeled vehicle moved, exceeded the permissible values for the normal growth of the root system of agricultural plants (more than 35-40 kgf/cm²). Plowing such fields to a depth of 18-20 cm and subsequent cultivation to a depth of 10-12 cm, on the contrary, leads to the compaction of the subsoil layer, because in all variants of the study, at a depth of 25 cm and more, significantly more areas with a soil hardness of more than 35 kgf/cm² were found. It is obvious that heavy rainfall also had a certain influence on the growth of hardness. At the same time, the use of a modernized cultivator deep-loosener made it possible to reduce the hardness of the

soil in a layer of 5-30 cm to values that do not exceed 30 kgf/cm². Which confirms the expediency of implementing the design of the tiered deep loosener proposed in the work.

Keywords: soil hardness, deep loosening, design of the cultivator-deep loosening, traction force, bracket, frame, tier arrangement of paws.

ЦИЗЬ Ігор Євгенович, кандидат технічних наук, доцент кафедри аграрної інженерії ім. проф. Г.А. Хайліса Луцького національного технічного університету, e-mail: tsizigor@lutsk-ntu.com.ua, <https://orcid.org/0000-0002-9916-8174>

ГОЛІЙ Олександр Валентинович, кандидат технічних наук, директор ДПЕДГ «Еліта», e-mail: goliyov@ukr.net, <http://orcid.org/0000-0002-7283-6865>

ХВЕСИК Віктор Олександрович, заступник директора Любешівського технічного фахового коледжу ЛНТУ, e-mail: hvesikvictor@ukr.net, <http://orcid.org/0009-0009-0033-651X>

ОЛАСЮК Ярослав Віталійович, викладач Любешівського технічного фахового коледжу ЛНТУ, e-mail: @yahoo.com, <https://orcid.org/0009-0001-6427-9595>

ДЕМІХ Іван Васильович, викладач Любешівського технічного фахового коледжу ЛНТУ, e-mail: @gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-8506-8976>

Igor TSIZ, PhD in Engineering, Associate Professor of the Department of Agrarian Engineering named after Prof. G. Hylis, Lutsk National Technical University, e-mail: tsizigor@lutsk-ntu.com.ua, <https://orcid.org/0000-0002-9916-8174>

Oleksandr HOLII, PhD in Engineering, Director of SEERF «ELITA», e-mail: goliyov@ukr.net, <http://orcid.org/0000-0002-7283-6865>

Viktor KHVESIK, Deputy Director of Liubeshiv Technical Vocational College of LNTU, e-mail: hvesikvictor@ukr.net, <http://orcid.org/0009-0009-0033-651X>

Yaroslav OLASYUK, Teacher of Liubeshiv Technical Vocational College of LNTU, e-mail: yaroslav.olasyuk@googlemail.com, <https://orcid.org/0009-0001-6427-9595>

Ivan DEMIKH, Teacher of Liubeshiv Technical Vocational College of LNTU, e-mail: demikh14109@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-8506-8976>

DOI 10.36910/automash.v1i20.1058