

УДК 631.3139.9.04.4

A. Rudy, candidate of Engineerings Sciences, professor,

I. Moshenko, engineer,

V. Burdega, candidate of Engineerings Sciences, associate professor,

V. Iliyashik, candidate of Engineerings Sciences, associate professor,

L. Mikhaylova, candidate of Engineerings Sciences, acting as of associate professor, State Agrarian and Engineering University in Podilya

RESEARCH OF COMPRESSION OF SOIL AND FACILITIES OF MECHANIZATION IS FOR HIS DECLINE OF COMPRESSION

Annotation. *The phenomenon of surplus compression of soil is analysed and agrotechnological problems are concomitant to him: an exposure of compression of soil, depth-finding of bedding of compression soil and thickness of layers of, research of size of compactedness of soil and problem of mechanization decline of soil is by the mechanical loosening and management in depth of loosening.*

Exposed problems of surplus compression of soil: compression soils considerably more hardness and heavy in till; a compression is limited by a natural management soil by moisture, detaining moisture near the surface of soil and limits the capacity of plants for raising of moisture and nutritives from the understrata of soil; a compression area does not enable effectively to use fertilizers and pesticides, because if they are not taken in, then can be easily washed off, that conduces to the decline of harvests; speed of ventilation and converting is into a mineral of nitrogen diminishes in compression soils.

The method of research of compression of soil is offered by tester of soil, developed nomogram of translation of shows of manometer of tester of soil in units of PSI (a pound is on a square inch) in unit of metrical measure, offered formula for determination of hauling resistance a facilities of mechanization of till of soil at the known middle hardness of soil. Influence of hardness of soil is exposed on development of rootage facilities of mechanization of till of soil for loosening soil But these recommendations are from their use.

Keywords: *compression, tester of soil, hardness, loosening, chisel, chisel plough-plow, disk chisel plow.*

А.В. Рудь, кандидат технічних наук, професор,
І.О. Мошенко, інженер,
В.Ю. Бурдега, В.В. Іліяшик, кандидати технічних наук, доценти,
Л.М. Михайлова, кандидат технічних наук, в.о. доцента

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕУЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТУ ТА ЗАСОБИ МЕХАНІЗАЦІЇ ДЛЯ ЙОГО РОЗУЩІЛЬНЕННЯ

Наведено методику дослідження переущільнення ґрунту за допомогою пенетрометра та проаналізовані ґрунтообробні засоби механізації для його розущільнення.

Ключові слова: переущільнення, пенетрометр, твердість, розпушування, чизель, плуг-глибокорозпушувач, дисковий глибокорозпушувач.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Одна з основних проблем, з якими стикаються аграрії, – це надмірне ущільнення ґрунту, викликане різними факторами, одним з яких є утворення плужної підшви під час оранки. Ущільнення ґрунту погіршує його природний водний, повітряний баланс та розвиток корневих систем вегетуючих рослин сільськогосподарських культур. Тому у випадку надмірного ущільнення ґрунту існують наступні агротехнологічні проблеми: виявлення переущільнення ґрунту, визначення глибини залягання переущільненого ґрунту і товщини шару (шарів) переущільнення, дослідження величини ущільнення (твердості) ґрунту і проблема механізації розущільнення ґрунту шляхом механічного розпушування та управління глибиною розпушування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми.

Відомі вчені-дослідники досить ґрунтовно опрацювали теоретичні основи переущільнення ґрунту та способи і засоби його розущільнення. Відомі вчені-дослідники Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М., Кушнарьов А.С., Бендера І.М., Рудь А.В., Панов І.М., Юзбашев В.А., Плющев Г.В., Гільштейн П.М., Огризков Е.П., Огризков В.Е., Коб'яков І.Д., Плющев Г.В., Прокопенко Г.М., Лім В.А. та інші запропонували методику дослідження переущільнення ґрунту і конструкції машин та їх робочих органів для його розущільнення [1-6]. Проте аналіз науково-технічної літератури засвідчує, що дослідження переущільнення ґрунтів за допомогою пенетрометра розкриті в малому об'ємі, а аналіз використання сучасних чизелів, плугів-глибокорозпушувачів та дискаторів досить обмежений.

Мета статті: розкрити суть методики дослідження переущільнення ґрунту за допомогою пенетрометра та проаналізувати конструкції ґрунтообробних засобів механізації для його розущільнення.

Виклад основного матеріалу дослідження. Високопродуктивні сільськогосподарські землі вибувають з використання навіть у вологозабезпечених зонах. Катастрофічне зниження родючості ґрунту пояснюється нераціональним застосуванням нових технологій, енергетичних засобів, технологічних машин і агрегатів, які руйнують діють на ґрунт та посилюють водну та вітрову ерозію.

Інтенсивний механічний обробіток ґрунту з використанням важких тракторів і знарядь надмірно ущільнюють ґрунт. Найбільшій деформації під час проходів тракторів піддається верхній шар ґрунту 0...15 см (рис. 1).

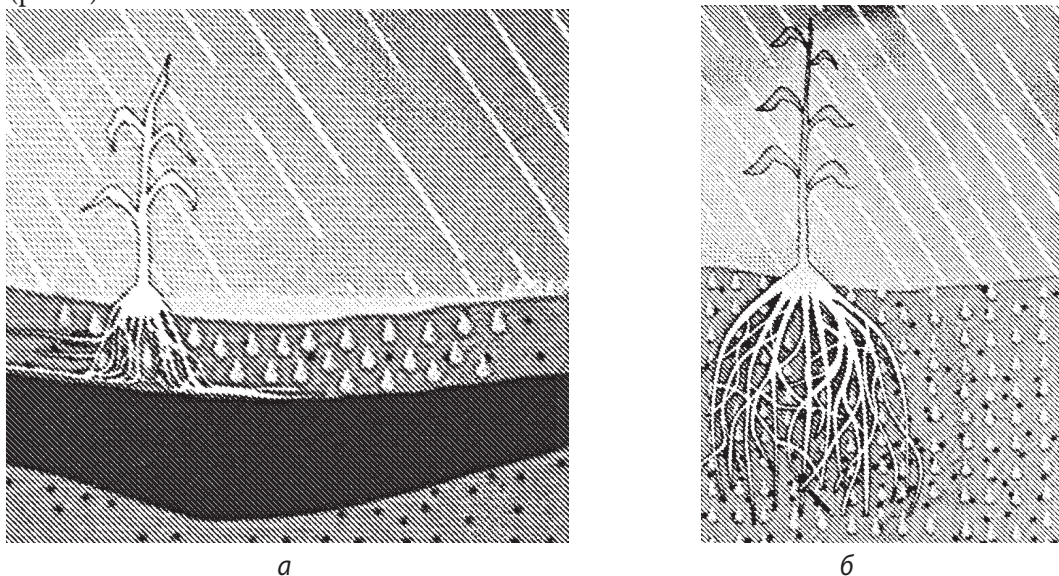


Рис. 1. Затримування гравітаційної вологи у верхніх шарах над ущільненим ґрунтом (а) і добра інфільтрація (б) – в неущільненому ґрунті

Проблема ущільнення ґрунту полягає в наступному:

- ущільнені ґрунти значно більш тверді і важкі в обробітку;
- ущільнення обмежує природне управління ґрунтом водою, затримуючи воду біля поверхні поля, зменшує здатність рослин до підняття вологи і поживних речовин з нижніх шарів ґрунту (рис. 1);
- ущільнена зона не дозволяє ефективно використовувати добрива і пестициди. Якщо вони не поглинаються, то можуть бути легко змиті, що веде до зниження урожаїв;
- в ущільнених ґрунтах знижується швидкість повітрообміну і мінералізації азоту.

Причинами, за яких ґрунти вибувають з використання, є втрата їх продуктивності, яка пов'язана з переущільненням і перезволоженням, тобто, при зміні їх фізико-механічних властивостей (рис. 2).

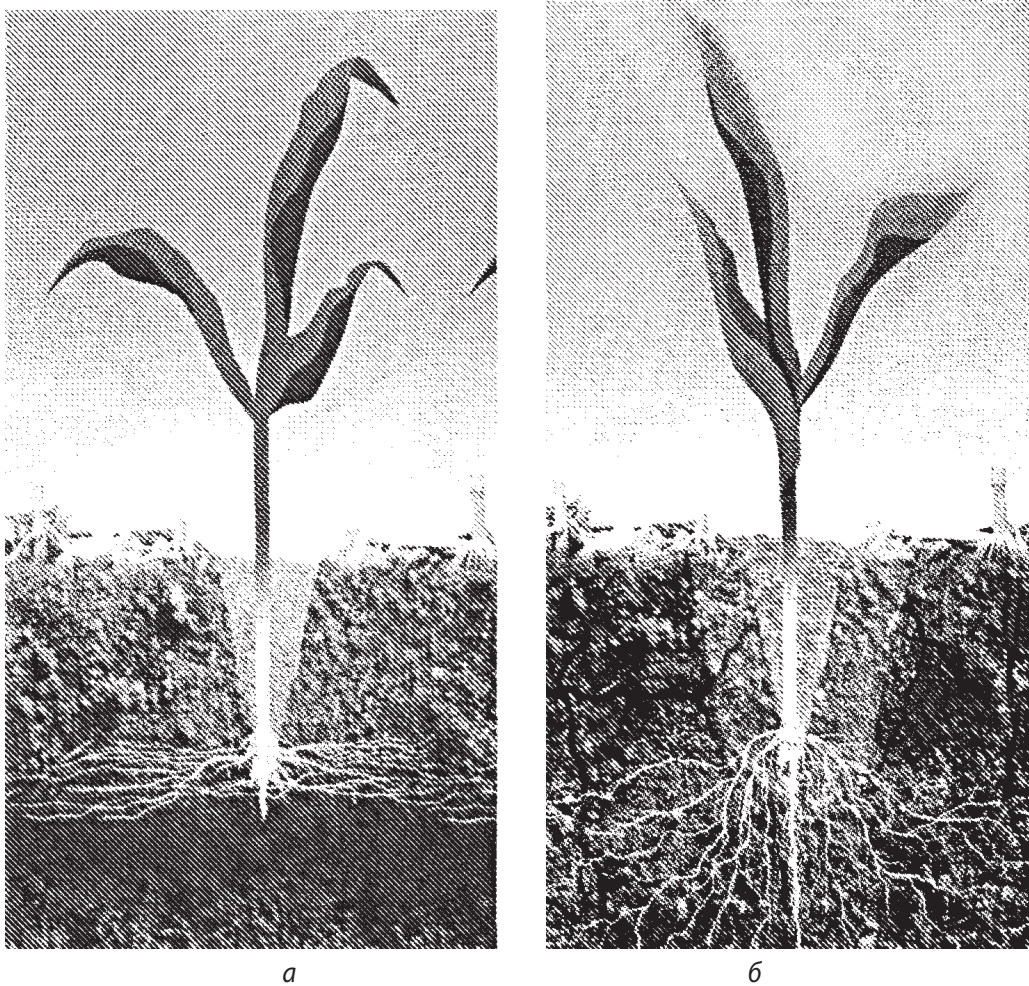


Рис. 2. Розвиток кореневої системи рослин у переущільненому (а) і в неперещільненому (б) ґрунті

Постають питання:

1. Як виявити проблему ущільнення ґрунту?
2. Як сильно і на яку глибину ущільнений ґрунт?
3. Як глибоко фактично обробляли ґрунт?
4. Як глибоко необхідно обробляти ґрунт?
5. Як глибоко можуть рости корені рослин?
6. Система обробітку ґрунту шкодить чи допомагає ситуації?
7. Яка твердість переущільненого ґрунту та її зв'язок з енергією обробітку ґрунту?

Тестер для вимірювання компактності ґрунту (пенетромтр) легко і швидко дасть відповіді на ці запитання.

Для виявлення переущільнення ґрунту часто використовують такий показник, як опір пенетрації або твердість ґрунту. Пенетромтр або «трость агронома» призначений для вимірювання компактності ґрунту. У комплект обладнання входять: основний елемент, манометр, дві металеві деталі – наконечники – як для твердих, так і для більш легких ґрунтів. На циферблаті індикатора нанесені дві шкали (для двох різних наконечників), які розмічені в одиницях PSI (фунт на квадратний дюйм) [7].

Для переведення показів манометра пенетрометра в одиницях PSI (фунт на квадратний дюйм) в одиниці метричної міри пропонуємо аналітичну залежність

$$T_m = 0,068 T_a, \quad (1)$$

де T_m – твердість переущільненого ґрунту, кг/см²;

0,068 – перевідний коефіцієнт, кг/см²/PSI;

T_a – твердість переущільненого ґрунту, PSI (фунт на квадратний дюйм).

При визначеній твердості ґрунту легко знайти тяговий опір ґрунтообробного знаряддя, скориставшись формулою (2)

$$P = fG + mT_c ab, \quad (2)$$

де P – тяговий опір ґрунтообробного знаряддя, кг;

f – коефіцієнт тертя ґрунту по сталі;

G – вага ґрунтообробного знаряддя, кг;

m – співвідношення між питомим опором і твердістю ґрунту (для більшості ґрунтів $m = 0,014$);

T_c – середня твердість шару ґрунту, який обробляється, кг/м²;

a – глибина обробітку ґрунту, м;

b – ширина захвату ґрунтообробного знаряддя, м.

Пропонуємо номограму для спрощення переведення показів манометра пенетрометра в одиницях PSI (фунт на квадратний дюйм) в одиниці метричної міри (рис. 3).

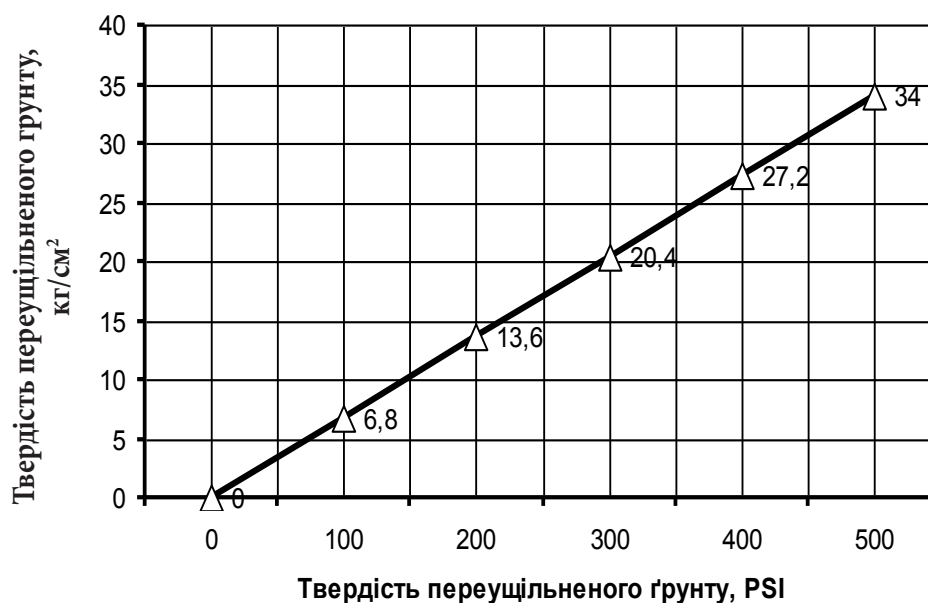


Рис. 3. Номограма переведення показів манометра пенетрометра в одиницях PSI (фунт на квадратний дюйм) в одиниці метричної міри

Кольорами на індикаторі умовно позначені зони компактності: **зелений** сектор, **жовтий** сектор та **червоний** сектор. Так, в **зеленому** секторі коренева система рослин розвивається добре, в **жовтому** – середньо, а в **червоному** – погано. Найбільш оптимальний час для застосування пенетрометра – це початок весни або період гарного зволоження ґрунту. Для цього необхідно здійснити обхід конкретної ділянки поля і виявити чи однакові показники компактності ґрунту в різних частинах цього поля.

Пенетрометр необхідно застосовувати до основного обробітку ґрунту для виявлення плужної підшви ґрунту та глибини її залягання, а також після основного обробітку ґрунту для перевірки відсутності плужної підшви. Для більш точного вимірювання плужної підшви ґрунту треба здійснити декілька тестів в однакових умовах.

Для проведення дослідження необхідно лише надіти спеціальний металевий наконечник, вирішити яку саме ділянку поля потрібно перевіряти, поставити шток приладу на ґрунт і зробити плавний рух, тобто натискати на ручки приладу так, щоб металевий шток входив у ґрунт рівномірно до тих пір, поки не натрапить на плужну підшву або за її відсутності заглибиться на всю довжину штока в ґрунт (рис. 4).



Рис. 4. Проведення дослідження переущільнення ґрунту

При цьому необхідно дивитися на циферблат індикатора і визначити величину компактності ґрунту за кольором, а значення його твердості – за цифровою шкалою.

Характеристика стану ґрунту представлена на рисунку 5.



Добрий стан.
Зелений колір шкали



Задовільний стан.
Жовтий колір шкали



Поганий стан.
Червоний колір шкали

Рис. 5. Характеристика стану ґрунту

Здійснюючи такі тести на різних ділянках поля, можна точно визначити глибину залягання плужної підшви та її товщину.

Параметри ґрунту та їх вплив на розвиток кореневої системи рослин представлені в таблиці 1.

Таблиця 1

Параметри ґрунту та їх вплив на розвиток кореневої системи рослин

Колір шкали	Тиск, необхідний для проникнення в ґрунт		Характеристика розвитку кореневої системи рослин
Зелений	0...200 PSI	0...13,6 кг/см ²	Можливий добрий розвиток кореневої системи рослин.
Жовтий	200...300 PSI	13,6...20,4 кг/см ²	Можливий достатній розвиток кореневої системи рослин.
Червоний	Більше 300 PSI	20,4 кг/см ² і більше	Розвиток кореневої системи рослин неможливий.

Зелений колір шкали – ґрунт містить велику кількість макро- та мікропор. Структура ґрунту дуже добра.

Жовтий колір шкали – кількість макро- та мікропор значно менша. Структура ґрунту задовільна.

Червоний колір шкали – пори відсутні. ґрунт представляє собою ущільнений масивний безструктурний кусок з гладкими поверхнями.

Для усунення переуцільнення ґрунту механічним способом використовують чизелі, плуги-глибокорозпушувачі та дискатори.

В Україні чизелі випускають наступні підприємства: «Кам'янець-Подільськільмаш» – АЧП-2,5 та АЧП-4,5; «Галещина, машзавод» Полтавської області – АЧП-3; ВАТ НВП «Білоцерківмаз» – ГР-1,8; ГР-2,5; ГР-3,4; ГР-4,3; ГР-4,5; ГР-5,4; ГР-6,3; ВАТ «Донецький екскаватор» – ЧК-4.

Вітчизняний виробник сільськогосподарської техніки «Велес-Агро» (Одеса) пропонує чизелі ГРС-3 та ГРС-4 (рис. 6) з шириною захвату 3 і 4 м та максимальною глибиною обробітку до 45 см, які використовують для розуцільнення ґрунтів [8]. Агрегатують ГРС-3 та ГРС-4 з тракторами потужністю 200...235 та 235...270 кВт відповідно.

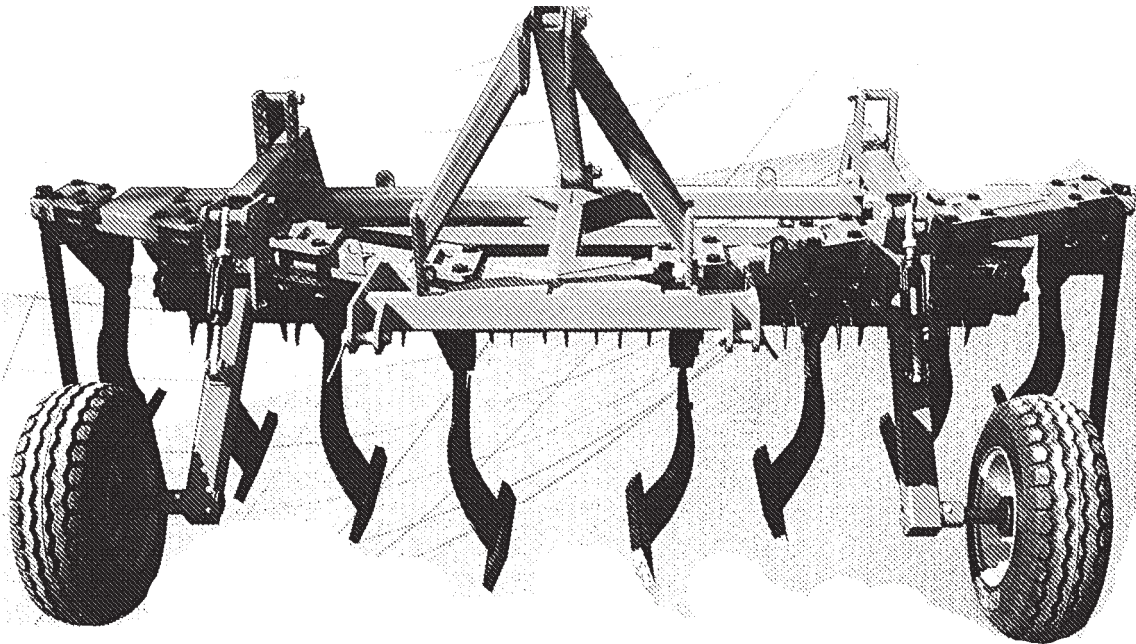


Рис. 6. Чизель ГРС-4 виробництва «Велес-Агро» (Одеса)

Серед зарубіжних фірм, які випускають чизелі, що поставляються в Україну, слід відмітити наступні: John Deere, Lemken, Great Plains, Gregoire Besson, Framest, Quivogne, Jymra, Unia, Maschio Gaspardo, Salford та багато інших [9-11, 13, 14].

Фірма Bednar Strom (Чехія) випускає універсальні чизелі Terraland TN Profi (рис. 7), які забезпечують чизелювання на глибину до 65 см, поверхнєве подрібнення та фінішне подрібнення і вирівнювання ґрунту [12].

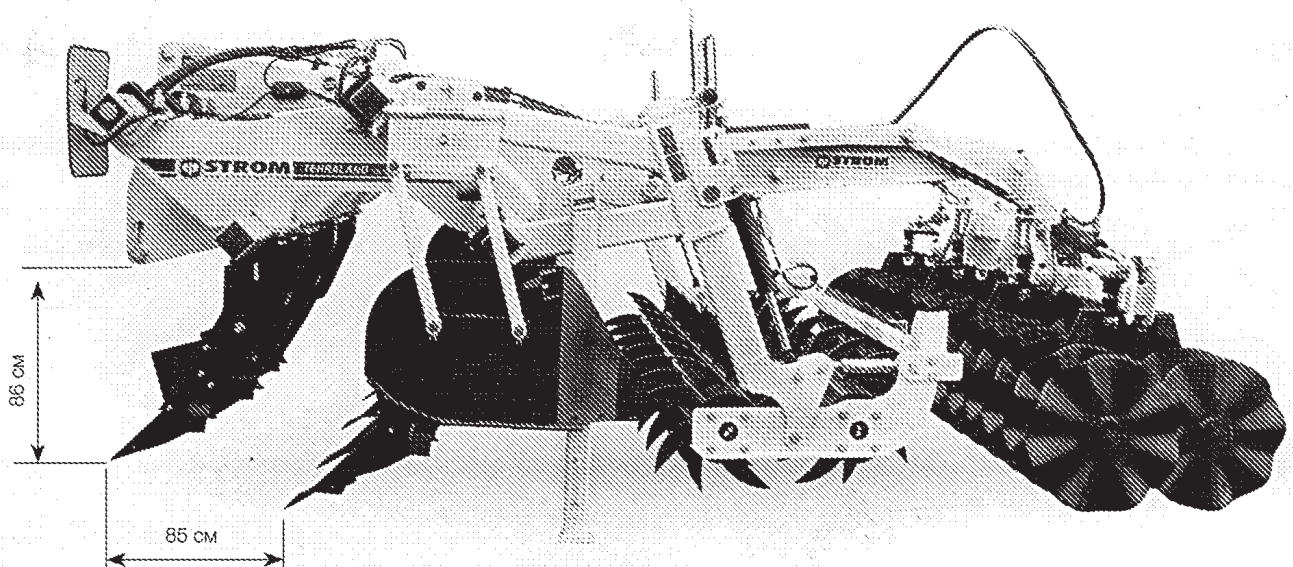


Рис. 7. Універсальний чизель Terraland TN Profi фірми Bednar Strom (Чехія)

Для розуцільнення ґрунтів використовують плуги-глибокорозпушувачі ПРПВ-3-50 і ПРПВ-5-50 (рис. 8), які випускає «Кам'янець-Подільськсьільмаш». Плуги-глибокорозпушувач типу ПРПВ обладнують безполицевими корпусами з похилим лемешем 2 та рухомим під'ятником 6, а на рамі перед кожним корпусом встановлені похилі дискові ножі 3 з профільним лезом (рис. 8).

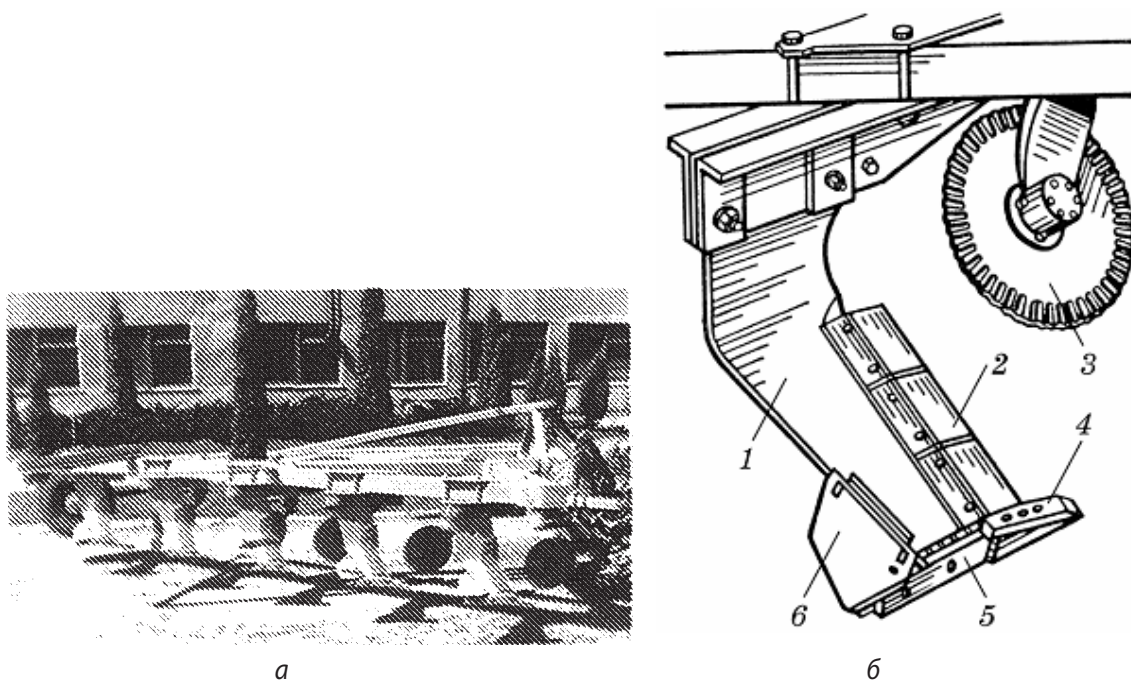


Рис. 8. Плуги-глибокорозпушувачі ПРПВ-5-50 виробництва «Кам'янець-Подільськсьільмаш»:

а – загальний вигляд; б – робочі органи: 1 – стовба; 2 – похилий леміш; 3 – похилий дисковий ніж; 4 – долото; 5 – польова дошка; 6 – під'ятник

Напівначіпні плуги-глибокорозпушувачі ПРП-9-35 (рис. 9) випускає ВАТ «Світлоградагромаш» (Росія).

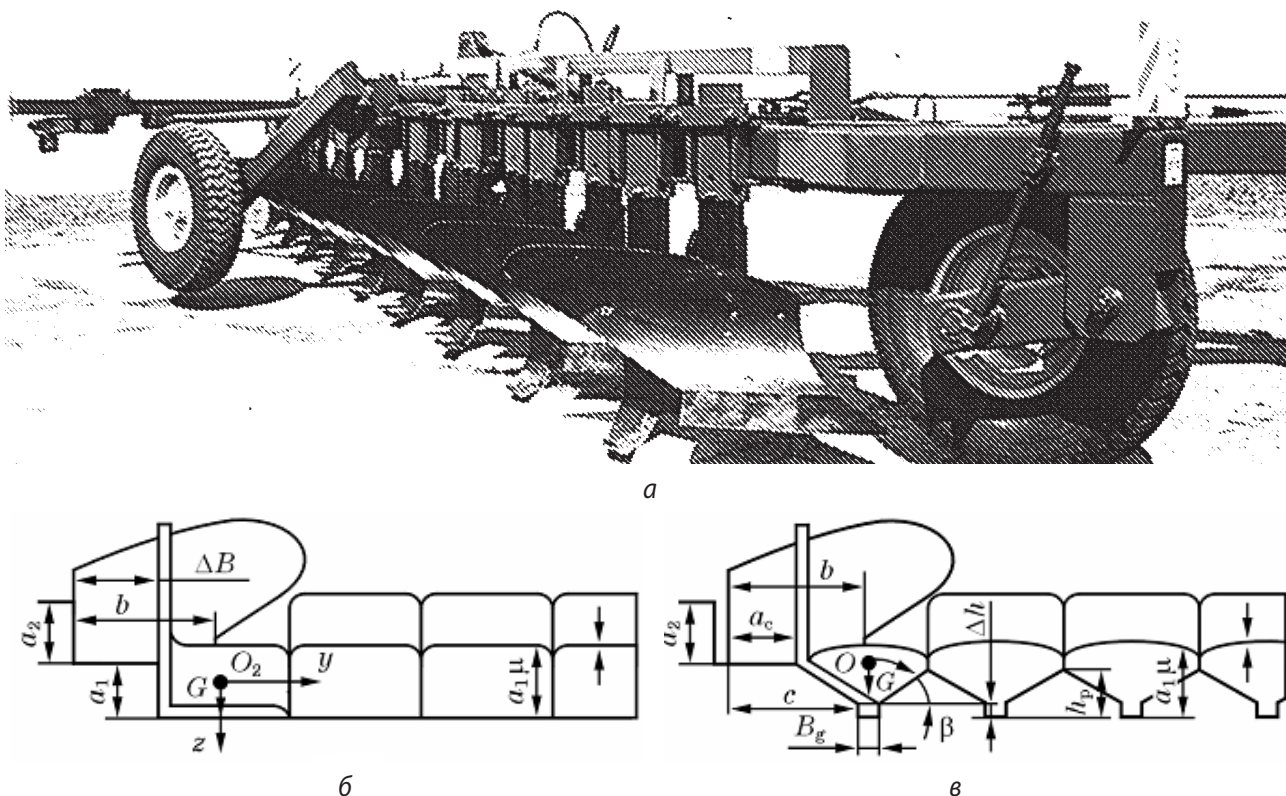


Рис. 9. Напівначіпний плуг-розпушувач ПРП-9-3 (а) та схеми його роботи (б і в)

Розпушення може здійснюватися плоскорізним або чизельним робочим органом. При застосуванні плоскорізного робочого органу (рис. 8, б) відбувається повне підрізування нижнього шару ґрунту, а отже, і коренів багаторічних бур'янів. Проте створюються умови для виникнення «плужної підшви». Такий процес (полицево-плоскорізнний обробіток ґрунту) реалізовано на ярусних плугах за допомогою змінного плоскорізного корпусу нижнього ярусу. Щодо другого варіанту виконання технологічного процесу оранки з поглибленням орного шару ґрунту, то застосування чизельного робочого органу (рис. 8, в) дає змогу виконувати обробіток (полицево-чизельний) без утворення «плужної підшви», проте й без підрізування коренів бур'янів у нижньому шарі. Конструктивно-технологічні параметри встановлення чизельного робочого органу мають відповідати певним умовам. Положення розпушувача відносно плужного корпусу характеризується параметрами a_c та c , що визначаються з виразів $0 < a_c < a_2 + 0,5b$; $c = a_c + h_p \operatorname{ctg} \beta$, де h_p – висота гребенів на дні борозни; β – кут сколу нижньої скиби.

Для ефективного (100%) знищення плужної підшви розпушувачі мають працювати на глибині, не менше ніж

$$a_1 \geq \frac{b - B_g}{2 \operatorname{ctg} \beta} + \Delta h,$$

де B – ширина долота розпушувача;

Δh – глибина ходу долота розпушувача у ґрунті.

Мульчуючі глибокорозпушувачі (дискатори) використовують для обробітку середніх і важких типів ґрунтів. Ці комплекси являють собою сукупність передніх і задніх дискових батарей, одного, двох або більше рядів глибокорозпушувачів, пруткових шлейфів та котків-ущільнювачів поверхневого шару ґрунту.

Комбіновані ґрунтообробні агрегати – дискатори (дискові глибокорозпушувачі), випускають наступні фірми: BAT НВП «Білоцерківмаз» (Україна) – ДИЧ-3,1 і ДИЧ-5,2; John Deere – 2700 і 512; Krause (США) – 4850-12, 4850-15, 4850-18, 4850-21, TL3000-5R, TL3000-5R, TL3000-5R, TL3000-5R; Gregoire Besson (Франція) – DXR, DXRV (рис. 10), DXRVL та багато інших.

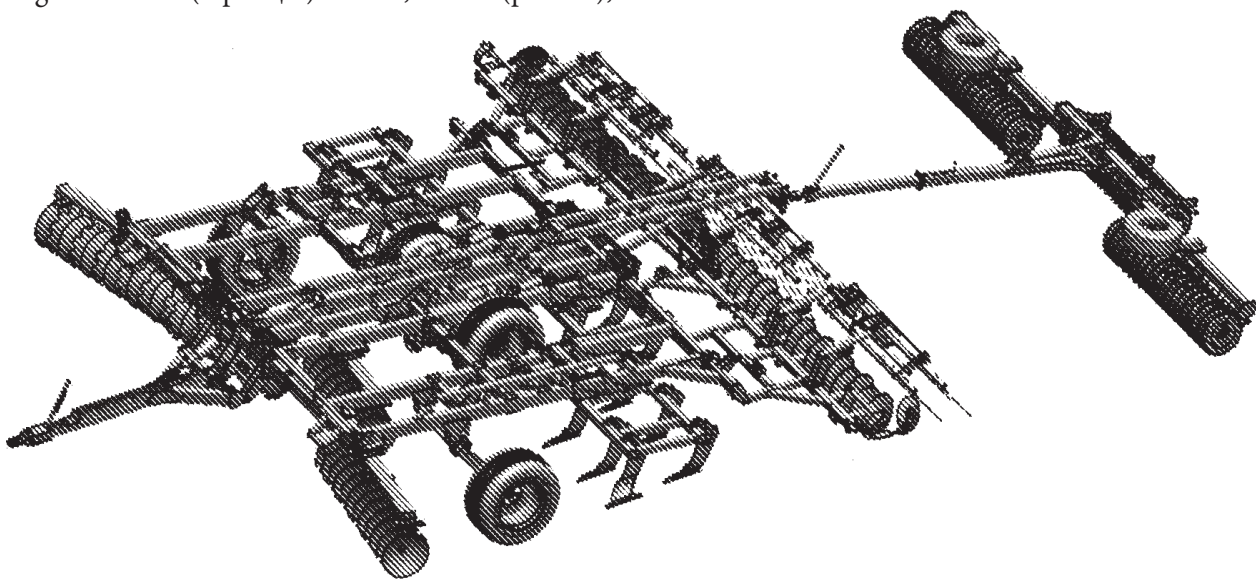


Рис. 10. Дисковий глибокорозпушувач Heliflex DXRV виробництва Gregoire Besson (Франція)

Незалежно від типу ґрунтообробних машин для розуцільнення ґрунту їхні робочі органи для глибокого розпушення повинні працювати на глибину, яка на 2,5...5 см має бути більшою, ніж глибина залягання нижнього шару переуцільненого ґрунту.

Висновки. 1. Пенетрометр – це прилад агронома-виробничника і агронома-дослідника для визначення та дослідження фізико-механічних властивостей ґрунту як об'єкта обробітку ґрунтообробними машинами, зокрема переуцільнення ґрунту.

2. З допомогою пенетрометра можна виявити факт переуцільнення ґрунту як орного, так і підорного шару. Факт переуцільнення ґрунту в точці вимірювання фіксується знаходженням стрілки манометра приладу в червоному секторі внутрішньої чи зовнішньої шкали манометра залежно від розміру конічного наконечника (1/2 дюйма (1,2") чи 3/4 дюйма (3/4") під час занурення штока приладу в ґрунт.

3. З допомогою пенетрометра можна визначити глибину залягання переуцільненого ґрунту і товщину шару (шарів) переуцільненого ґрунту. Для цього на штокові пенетрометра нанесені трьохдюймові мітки від основи конусу наконечника до верхньої його частини (манометра). Для переведення дюймової міри в метричну користуються співвідношенням 1 дюйм (1") складає 25,4 мм (або 2,54 см, або 0,0254 м).

4. З допомогою пенетрометра можна визначити величину переуцільнення ґрунту, тобто його твердість, шляхом зчитування значення твердості в одиницях PSI (фунт на квадратний дюйм) з внутрішньої чи зовнішньої шкали приладу залежно від розміру конічного наконечника (1/2 дюйма (1,2") чи 3/4 дюйма (3/4")), встановленого на приладі. Для переведення американської міри в метричну користуються співвідношеннями: 1 PSI відповідає 0,068 кг/см², а 1 кг/см² відповідає 14,7 PSI.

5. За результатами дослідження і визначення фізико-механічних властивостей ґрунту вибирається оптимальний варіант, а отже і машинно-тракторний агрегат для його обробки, що дасть змогу відновити природні фізико-механічні властивості ґрунту і забезпечити заплановану урожайність вирощуваних сільськогосподарських культур.

6. Для розуцільнення ґрунтів використовують три групи ґрунтообробних машин: чизелі, плуги-глибокорозпушувачі та дискові глибокорозпушувачі (дискатори).

7. Незалежно від типу ґрунтообробних машин для розуцільнення ґрунту, їхні робочі органи для глибокого розпушення повинні працювати на глибину, яка на 2,5...5 см має бути більшою, ніж глибина залягання нижнього шару уцільненого ґрунту.

Список використаних джерел

1. Сисолін П.В. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: Підруч. для студ. вищ. навч. закл. із спец. «Машини та обладнан. с.-г. вир-ва» / За ред. М.І. Черновола. Кн. 1: Машини для рільництва / П.В. Сисолін, В.М. Сало, В.М. Кропівний; За ред. М.І. Черновола. – К.: Урожай, 2001. – 384 с.
2. Кушнарєв А.С. Механика почв: задачи и состояние работ. // Механизация и электрификация сел. хоз-ва. – 1987. – № 3. – С. 9-13.
3. Проектування сільськогосподарських машин. Навчальний посібник для виконання курсових проектів з розробки сільськогосподарської техніки при підготовці фахівців з напрямку 6.100202 «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва». / І.М. Бендера, А.В. Рудь, Я.В. Козій та ін. / За ред. І.М. Бендери, А.В. Рудя, Я.В. Козія. – Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин О.В., 2011. – 640 с.
4. Обоснование параметров чизельных плугов / И.М. Панов, В.А. Юзбашев, Г.В. Плющев, П.М. Гильштейн // Тракторы и с.-х. машины. – 1982. – № 9. – С. 16-18.
5. Огрызков Е.П. Экологическая пригодность лаповых глубокорыхлителей / Е.П. Огрызков, В.Е. Огрызков, И.Д. Кобяков // Тракторы и с.-х. машины. – 1992. – № 8. – С. 22-24.
6. Плющев Г.В. Конструктивно-технологические параметры чизельных плугов / Г.В. Плющев, Г.М. Прокопенко, В.А. Лим // Тракторы и с.-х. машины. – 1991. – № 3. – С. 24-26.
7. Пенетромтр Dickey-john – механический тестер проверки проницаемости почвы. – Запорожье, Политехника, 2011. – 4 с.
8. Велес-агро – производитель сельскохозяйственной техники и запасных частей. Каталог продукции – 2013-2014. – Одеса, ООО Велес-агро ЛТД, 2013. – 32 с.
9. Почвообрабатывающее оборудование John Deere. Модели 2700, 512, 637, 650, 915, 2210, 2310, 2410. – К.: Райз, 2012. – 28 с.
10. Аграрна індустріальна компанія. Каталог 2011: техніка, запчастини, сервіс. – К.: АІКо, 2011. – 50 с.
11. Ассортимент продукции Maschio Gaspardo. – К.: Маскио Гаспардо Україна, 2013. – 60 с.
12. Terraland серия TN, TN_PROFI, TN_RT. Каталог. – Rychnov nad Kneznou, Bednar Strom, 2013. – 16 с.
13. Сівалки. Ґрунтообробна техніка. Волинська фондова компанія. Каталог – 2013. – Луцьк, ВФК, 2013. – 52 с.
14. Гамма Грегуар-Бессон. Каталог – 2013. – Montfaucon, Gregoire-Besson, 2013. – 48 с.

Аннотація. Приведена методика дослідження переуплотнення ґрунту з допомогою пенетрометра і проаналізовані ґрунтообробні засоби механізації для її розуплотнення.

Ключевые слова: переуплотнение, пенетромтр, твердость, рыхление, чизель, плуг-глубокорыхлитель, дисковый глубокорыхлитель.