

УДК 631.316.022

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ЩІЛЮВАННЯ

Шмат С.І., к.т.н.,

Лузан П.Г., к.т.н.,

Колісник С.В.

Кіровоградський національний технічний університет

Тел. (0522) 39-04-72, тел. моб. 066 43-86-219

Анотація – робота присвячена моделюванню технологічних процесів обробітку ґрунту із застосуванням щілювання. Проведений аналіз ефективності найбільш розповсюджених щілинорізів та визначена їх агротехнічна оцінка з метою підвищення ефективності процесів щілювання.

Ключові слова – обробіток ґрунту, родючість ґрунту, щілювання, щілиноріз, сівба, нарізання щілин, підорний шар ґрунту, твердість ґрунту.

Постановка проблеми. Дослідженнями, що проводились на протязі багатьох років, встановлена негативна дія полицевого обробітку ґрунту. Запропоновано декілька альтернативних технологій, однією з перспективних можна вважати обробіток ґрунту з щілюванням. Визначення оптимальних конструкцій щілинорізів потребує узагальнення способів щілювання та підбір для них технічно обґрунтованих робочих органів. Тому необхідно провести аналіз запропонованих конструкцій щілинорізів та дати їх агротехнологічну оцінку.

Аналіз останніх досліджень. Про щілювання як ефективний засіб покращення технологічних якостей ґрунту, відомо давно [1, 2, 3, 4]. Але і сьогодні можна знайти мало прихильників його використання на практиці і перш за все через високу енергоємність процесу щілювання. Ще на початку ХХ століття російський агроном І.Є. Овсінський відмічав негативний вплив оранки з оборотом скиби на агрофізичні, агрохімічні і агробіологічні характеристики ґрунту. Верхній коренеємний прошарок ґрунту в процесі багаторічної оранки перетворюється в однорідну безструктурну масу, яка легко піддається водній ерозії і дефляції, в результаті чого знижується родючість ґрунту і його продуктивні якості. Оранка і багатократні розпушування ґрунту надмірно розпилують ґрунт, а нижні його шари ущільнюють.

Відбувається інтенсивний розклад гумусу, непродуктивні витрати вологи та поживних речовин.

Сьогодні в Україні ерозія ґрунтів досягає загрозливих масштабів (до 45-48 %), безповоротно зникають сотні мільйонів тонн родючого ґрунту. Плужний обробіток сприяє інтенсивному змиву ґрунтів водою та вивітрюванню.

Впровадження в 80-их роках минулого століття інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур, які передбачають багатократні проходи МТА (до 20-25 операцій за вегетативний період), протирічать природнім охоронним процесам. В результаті реалізації таких технологій погіршується кислотний або лужний склад ґрунту, нижні шари переущільнюються, пересушуються чи перезвожуються.

Тому в світі все більше починають впроваджувати у сільськогосподарське виробництво технології з нульовим та мінімальним обробітком. Мінімальний обробіток виконують в більшості випадків безвідвальними робочими органами із застосуванням мульчуючих технологій та щільування ґрунту.

Метою даної роботи є підвищення ефективності процесів щільування ґрунту.

Основна частина. Технологія щільування полягає в наступному. При плужному обробітку за рахунок дії ваги плуга підорний шар товщиною 10-15 см ґрунту ущільнюється (рис. 1а). Щільність цього шару досягає $1,4 \dots 1,7 \text{ г/см}^3$, через який не може пробитись коренева система рослин чи її розвиток погіршується. В цьому ж шарі різко зменшується розмір капілярів (менше 0,05 мм), що не дозволяє глибинній волозі проникнути до кореневої системи рослин (рис. 1б).

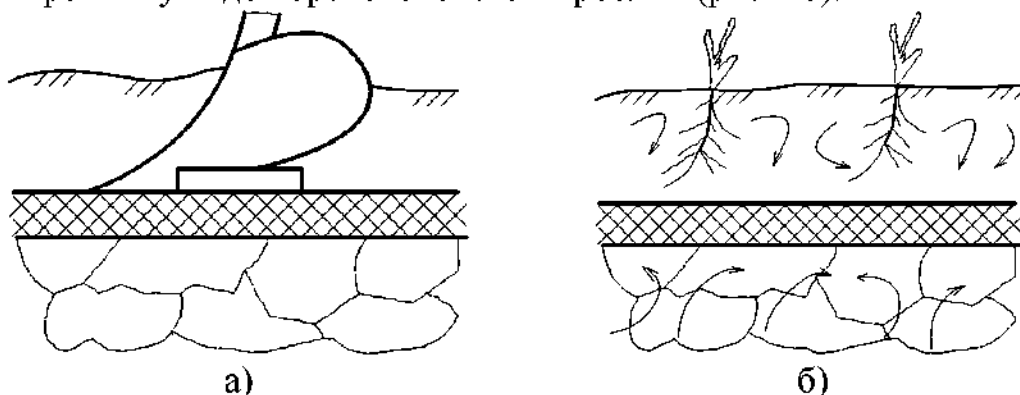


Рис.1. Схема утворення підорного шару внаслідок роботи плуга: а – схема роботи плуга; б- схема розвитку рослин.

Запобігти цьому явищу може лише більш глибокий обробіток ґрунту – до 35-45 см. Але чим глибше ми обробляємо ґрунт, тим все важчими стають знаряддя, тому це не може бути виходом. Інша справа, коли усунення підорного шару відбувається частково, через деякі

проміжки між щілинами. І така технологія сьогодні завойовує все більш прихильників.

Переваг технології щілювання багато, серед яких:

- зменшується зона ущільнення підорних шарів ґрунту;
- збільшується циркуляція вологи по глибині (рис. 2);
- збільшується використання поживних речовин із глибоких шарів ґрунту;
- формується потужна розвинена коренева система рослин за рахунок активізації окисно-відновлювальних процесів в ґрунті, які сприяють більш швидкому її розвитку;
- зменшується стікання води на полях із великим схилом, підвищується накопичення вологи в глибоких шарах ґрунту;
- зменшується загальне окислення ґрунту, а також зменшуються втрати N, P, K;
- зменшується загибель озимих культур за рахунок відтоку води з поверхні поля та покращення мікроклімату ґрунту.

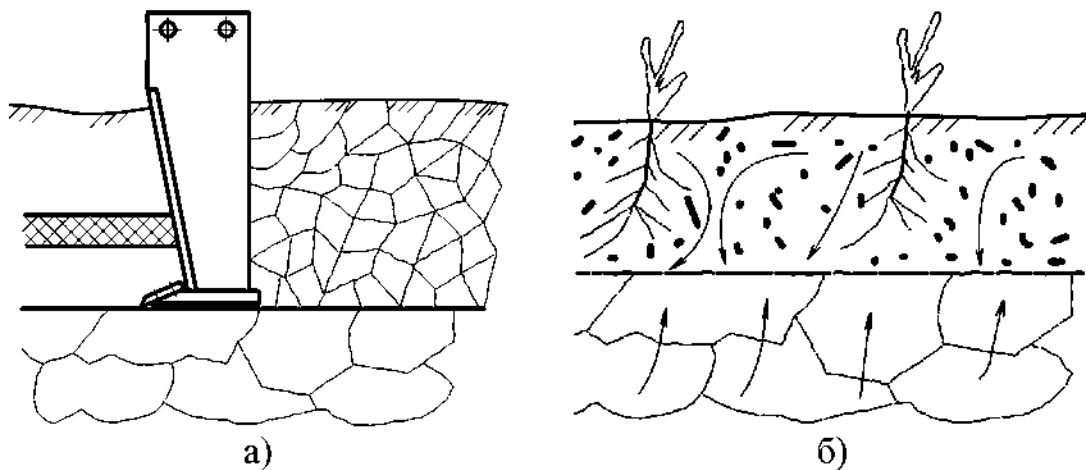


Рис.2. Схема щілювання та розвитку кореневої системи рослин: а – схема щілювання; б- схема розвитку кореневої системи рослин.

Основна функція будь-якого ґрунтообробного робочого органу – це зменшення щільності ґрунту. В цьому напрямку проведено багато теоретичних та експериментальних досліджень, починаючи з основоположника землеробської механіки В.П. Горячкіна. Тільки за останні 15-20 років вийшли з друку десятки робіт, направлених на визначення опору ґрунту при роботі ґрунтообробних робочих органів та визначення їх раціональних параметрів і режимів роботи.

Детально взаємодію ґрунтообробного знаряддя з ґрунтовим середовищем розглянув в своїх роботах А.М. Панченко [5, 6], який розробив аналітичні методи розрахунку ступеня розпушування ґрунту.

Адекватну ступінь розпушення ґрунту можна визначити за формулою [6]:

$$i = \frac{2 \cdot K_p \cdot E}{\sigma^2} + 1, \quad (1)$$

де K_p - питомий коефіцієнт опору ґрунту;

E - модуль пружності ґрунту;

σ - внутрішні напруження, що виникають в ґрунті при сколюванні.

Так, в роботі [7] визначено, що для ґрунту як пружно-в'язкопластичного середовища найбільш адекватними є рівняння зв'язку напружень з деформаціями, які описують поведінку тіла Вялова. Модель тіла Вялова передбачає наявність як залишкових об'ємних так і залишкових пластичних деформацій ґрунту, тобто відповідає реальному процесу його деформування. Фізичні рівняння зв'язку напружень з деформаціями для цього тіла мають вигляд:

$$\sigma_i = \frac{(-\dot{\varepsilon}) \cdot (\mu + \sigma_s / r)}{\mu \cdot \left(\frac{1}{\mu} + \frac{\mu(-1+\nu)^2}{(\mu - \mu \cdot \nu + 2 \cdot G \cdot t \cdot (1+\nu))^2} \right)}; \quad (2)$$

$$\tau_{i,j} = \frac{\dot{\gamma}_{i,j}}{\frac{\eta l}{(Gt + \eta l)^2} + \frac{\eta l}{t^2 \left(\frac{\eta l}{t} + \tau_s \right)^2}}, \quad (3)$$

де $\dot{\varepsilon}_i$, $\dot{\gamma}_{i,j}$ - швидкості деформації ґрунту;

σ_i , τ_i - компоненти напружень;

μ , ηl - коефіцієнт в'язкості відповідно при об'ємних і зсувних деформаціях;

ν - коефіцієнт Пуассона;

σ_s - граничне значення напружень;

G - модуль пружності при зсувних деформаціях

τ_s - граничне значення дотичних напружень;

t - час деформації;

r - інваріант девіатора швидкостей деформації [7].

Залежності (1) і (2) вказують на можливість оптимізації параметрів та режимів роботи пасивного ґрунтообробного робочого органу. Для зменшення щільності ґрунту в результаті взаємодії з ним пасивного ґрунтообробного органу необхідно визначити фактори впливу –

геометричні параметри поверхні робочого органу, швидкісні його характеристики при відомих властивостях ґрунту - в'язкості, пружності, пластичності, які забезпечують виконання вказаної дії робочого органу.

Напружено-деформований стан ґрунту повинен визначатися для кожного конкретного типу ґрунту з відомими межами змін його властивостей. Тому і типи робочих органів та їх параметри будуть змінюватися в залежності від фізико-механічних властивостей ґрунту та режимів роботи ґрунтообробних органів.

Багаторічні дослідження щілювання в різних ґрунтово-кліматичних умовах показують стабільне зростання урожайності сільськогосподарських культур на 15-20 %, а на схилових полях на 20-30%. При цьому термін дії щілин-дрен в ґрунті досягає 3-4 років.

Не дивлячись на це полицева оранка залишається основною для підготовки ґрунту під посів і вирощування сільськогосподарських культур. Вона забезпечує оборот скиби, кришення та перемішування ґрунту, загортання рослинних решток, органічних і мінеральних добрив.

З агрономічної точки зору оранка сприяє переміщенню верхнього безструктурного шару на місце нижнього, більш оструктуреного.

Як ми вже зазначили, тенденція зростання твердості ґрунту зі збільшенням глибини відзначається у всіх зонах України. Ущільнення підорного шару супроводжується зменшенням кількості та об'єму пор в ґрунті. Якщо пори мають діаметр менше 0,01 мм, то кореневі волоски не можуть проникати всередину.

Для розуцільнення підорного шару ґрунту використовують глибокорозпушувачі, але вони значно підвищують металоємність та енергоємність процесу. Нами запропонований пристрій, який покращує ці показники. Згідно з винаходом [8] основний обробіток ґрунту проводять плугом на глибину 22...25 см, а рихлення підорного шару – на глибину 35...40 см. З цією метою до польової дошки кріплять щілиноріз (рис. 3).

Щілиноріз виконує і іншу важливу роль – нарізає щілини, які відіграють роль ємкостей для накопичення вільної ґрунтової вологи і її раціонального використання кореневою системою рослин.

Накопичення вологи відбувається в основному в осінньо-зимовий період, тобто після осінньої оранки, а в період вегетації рослин ця волога сприяє швидкому їх розвитку, поліпшенню урожайності навіть в посушливі роки.

Як і плуг, плоскорізнний обробіток ґрунту має ті ж вади – створює ущільнений підорний шар, який недоступний для проникнення в нього коренів рослин.

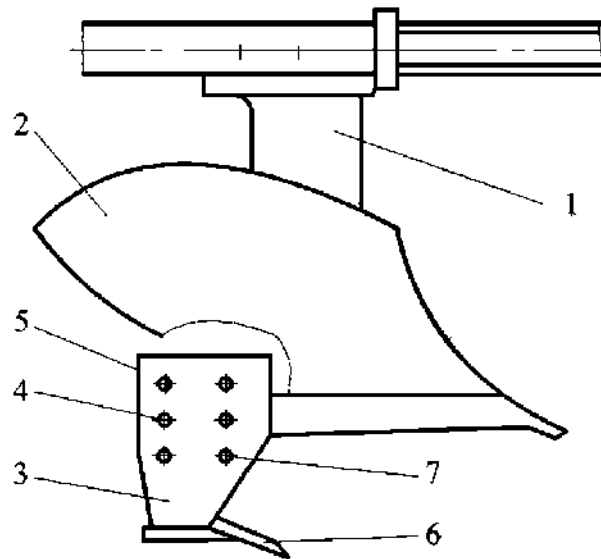


Рис. 3. Удосконалений плуг: 1 – стояк, 2 – полиця, 3 – щілиноріз, 4 – болт, 5 – наральник, 6 – долото, 7 – отвори для перестановки щілиноріза.

На кафедрі сільськогосподарського машинобудування КНТУ розроблений культиватор-плоскоріз КПЩ-5, який був доукомплектований щілинорізом (рис.4).

Щілиноріз встановлюють попереду середнього плоскорізу центральної рами культиватора КПЩ – 5. При трьох робочих органах ця машина може агрегатуватись з тракторами класом тяги до 2,0-3,0, а при п'яти – з 3,0.

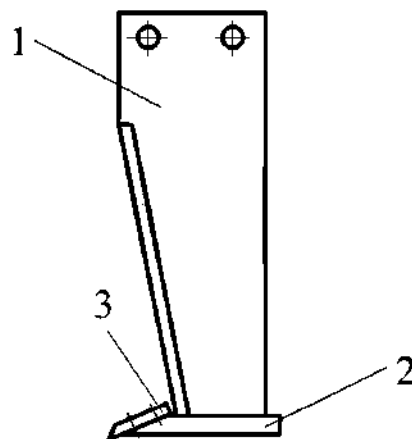


Рис. 4. Щілиноріз: 1 – стояк, 2 – наральник, 3 – долото.

Щілиноріз на культиваторі виконує наступні задачі:

- покращує експлуатаційні якості знаряддя, усунувши виглиблення робочих органів;

- виконує два агроприйоми – плоскорізний обробіток ґрунту на глибину 18...22 см; щілювання підорного шару на глибину 35-40 см для закладення системи щілин – дрен, які покращують притік повітря, вологи, поживних речовин (N, P, K) до кореневої системи рослин, активізує окиснювально-відновлювальні процеси в ґрунтовому розчині;

- покращує екологічний стан польових масивів, зменшує ерозію ґрунту.

Розділений по поверхні вібраційного робочого органу тиск ґрунту та його інтегральне значення, яке виникає при їх взаємодії зумовлює відхилення останнього від певної рівноваги, а якщо такий тиск що миттєво змінюється, то ми одержуємо класичний тип вібрацій, при якій амплітуда коливань має конкретний характер, який залежить як від типу робочих органів, так і від фізико-механічних властивостей ґрунту.

Зважаючи на ці явища та з метою подальшого зниження енергозатрат при щілюванні нами запропоновано використання пружинного елемента, який пов'язує верхню і нижню частини стояка (рис. 5) [9], створюючи при цьому вібраційний ефект.

Верхня і нижня частини стояка з'єднані між собою пружинним елементом 5. Для регулювання жорсткості робочого органу в залежності від фізико-механічних властивостей ґрунту елемент 5 виконаний із набору тонких платівок із пружинної сталі, кількість яких змінна. Для забезпечення процесу вібрації ґрунтообробного робочого органу при будь-яких величинах твердості ґрунту радіус кривизни пружинних платівок виконаний змінним від мінімального в передній частині до максимального в задній.

Технологію щілювання можна застосувати безпосередньо і під час сівби [10]. Відповідно до цієї технології пристрій для нарізання щілин виконаний у вигляді V – подібної конструкції і встановлюється на агрегаті перед посівною секцією (рис. 6). Щілина 1 нарізується так, щоб борозна 2 з насінням розміщувалась близько до центру розхилу бокових стінок щілиноріза.

Під час сівби щілиноріз проводить рихлення ґрунту з боків і посередині насінневого рядка. На глибині, більшій глибини насінневого ложа, бокові частини щілиноріза сходяться і нарізають щілину глибиною, більшою 30 см. Це один із енергозберігаючих прийомів обробітку ґрунту та сівби, при якому забезпечується якісний обробіток ґрунту лише в зоні посівного рядка. При цьому енергоємність процесу підготовки ґрунту і посіву зменшується на 30-40 %.

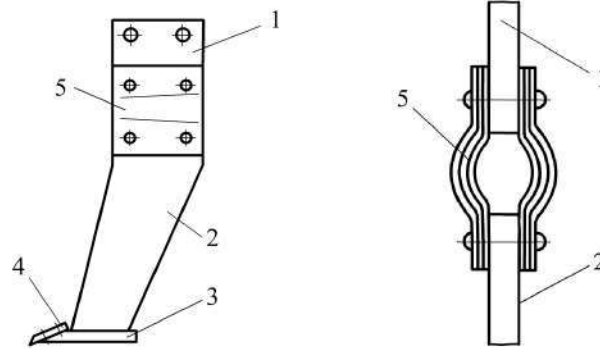


Рис. 5. Підпружинений стояк: 1 – верхня частина стояка, 2 – нижня частина стояка, 3 – п'ята, 4 – долото, 5 – пружний елемент.

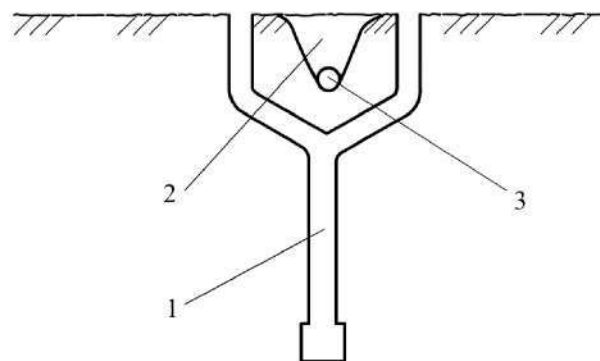


Рис. 6. Щілина з насіннєвим рядком: 1 – щілина, 2 – борозна, 3 - насіння.

Висновки. На протязі останніх десятиліть багатьма вченими світу доведена недоцільність полицевого обробітку ґрунту. Альтернативою такого обробітку ґрунту є плоскорізний обробіток в комбінації з щілюванням, а також мінімальний обробіток з проведенням технології щілювання ґрунту.

Література

1. Перспективы развития мелиоративных работ / Механизация и электрификация сельского хозяйства.– 1977.– № 5. С. 7-8.
2. Рабочие органы для нарезания противозерозионных щелей / Механизация и электрификация с/х.– 1989.– № 5. С. 31-32.
3. Щелевание как способ обработки почвы / Механизация и электрификация сельского хозяйства.– 1990.– № 5. С. 25-26.
4. Шмат С.І. Ефективність застосування щілинорізів при обробітку ґрунту для вирощування сільськогосподарських культур / С.І. Шмат, О.В. Нех.- Кіровоград: 1999. Вип. 27.– С. 138-141.
5. Панченко А.Н. Аналитический метод определения тяговых сопротивлений почвообрабатывающих машин и оценка их эффективности для энергосберегающих технологий: [учеб. пособие] / А.Н. Панченко.- Днепропетровск: 1995.-96 с.

6. *Панченко А.Н.* Аналитические исследования крошения почвы с привлечением цифровой имитационной модели / *А.Н. Панченко, Б.А. Волик* // Механізація сільськогосподарського виробництва [Зб. наук. праць НАУ].- 1998.- Том IV.- С. 328-330.

7. *Ковбаса В.П.* Визначення впливу геометричної форми розпушувальної лапи на деформацію ґрунту / *В.П. Ковбаса* // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин.- Кіровоград:- 2004. Вип. 34.- С. 124-132.

8. Пат. 31744 Україна, МПК А1В 15/00 Спосіб обробітку ґрунту та пристрій для його здійснення / *Шмат С.І., Іванько І.П., Слободян С.М.* [та ін.]; заявник і патентовласник Кіровоград. нац. техн. ун-т.- №98105666; заявл. 1.02.98; опубл. 27.10.98, Бюл. №10.

9. Пат. 25169 Україна, МПК А01В 13/07. Ґрунтообробний робочий орган / *Шмат С.І., Лузан П.Г., Мачок Ю.В., Дейкун О.В., Теплюк А.О.*; заявник і патентовласник Кіровоград. нац. техн. ун-т.- №99052520; заявл. 30.03.07; опубл. 25.07.07. Бюл. №11.

10. Пат. 35717 Україна, МПК А1В 71/00 Спосіб обробітку ґрунту та посіву сільськогосподарських культур і пристрій для його здійснення / *Шмат С.І., Слободян С.М.* [та ін.]; заявник і патентовласник Кіровоград. нац. техн. ун-т.- №98031251; заявл. 1.02.00; опубл. 16.04.2001, Бюл. №3.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЩЕЛЕВАНИЯ

С.И. Шмат, П.Г. Лузан, С.В. Колесник

Аннотация – работа посвящена моделированию технологических процессов обработки почвы с применением щелевания. Проведенный анализ эффективности наиболее распространенных щелерезов и определена их агротехническая оценка с целью повышения эффективности процессов щелевания.

TECHNOLOGICAL PROCESSES MODELLING OF SOIL CULTIVATION BY CRACKING

S.Shmat, P. Luzan, V. Kolesnik

Summary

The work is devoted to the design of technological processes of soil cultivation using cracking. The efficiency analysis of the most widespread crack-cutters is done and agrotechnical evaluation aimed at the cracking processes efficiency is defined.