

Сакунов Д.І.
Національний університет
біоресурсів і
природокористування України,
м. Київ, Україна
Е

**ВИРОБНИЧЕ УЗАГАЛЬНЕННЯ
МЕТОДИЧНОГО ПІДХОДУ І
АГРОТЕХНІЧНИХ ВИМОГ
ДО STRIP-TILL**

97

УДК 621.87

Сакунов Д.І. Виробниче узагальнення методичного підходу і агротехнічних вимог до Strip-Till.

Анотація. В статті автор розкрив результати власних узагальнюючих методичних підходів і агротехнічних вимог до Strip-Till, які базуються на семирічному виробничому експерименті на базі модальних агропідприємств Миколаївської, Київської, Черкаської і Кіровоградської областей. Посів будь-якої сільськогосподарської культури потрібно здійснювати в оптимальні строки та за оптимальних умов. Посів кукурудзи здійснюється за температури ґрунту, на глибині посіву, не менше 10 °С. тому, що проростання насіння кукурудзи відбувається при температурі ґрунту близько 7-9 °С. Висів у недостатньо прогрійтий ґрунт призводить до збільшення строків проростання. Також за ранніх строків посіву рослини більше схильні до впливу хвороби і шкідників. Пізній посів може призвести до того, що фаза інтенсивного росту рослин попаде в найспекотніший і посушливий період, у результаті чого врожайність знизиться. Багато фізіологічних характеристик рослини формуються на ранніх стадіях росту, тому дуже важливо забезпечити умови для хорошого розвитку рослини на ранніх етапах. Історичними передумовами виникнення технології Strip-Till був пошук способів пришвидшення прогрівання ґрунту в зоні розміщення майбутнього посіву. Ключем до швидкого прогрівання смуги є очищення її від пожнивних решток та формування смуги опуклого профілю, що сприяє її підсиханню та прогріву.

Ключові слова: ґрунт, обробіток, Strip-Till, методика, агротехніка, вимога.

Sakunov D.I. Production generalization of methodical approach and agrotechnical requirements for Strip-Till.

Abstract. In the article, the author revealed the results of his own generalizing methodical approaches and agrotechnical requirements for Strip-Till, which are based on a seven-year production experiment based on modal agricultural enterprises of Mykolaiv, Kyiv, Cherkasy and Kirovohrad regions. Sowing of any agricultural crop should be carried out at the optimal time and under optimal conditions. Corn is sown at a soil temperature of at least 10 °C at the sowing depth. because the germination of corn seeds occurs at a soil temperature of about 7-9 °C. Sowing in insufficiently warmed soil leads to an increase in the germination period. Also, during the early sowing period, plants are more susceptible to the effects of diseases and pests. Late sowing can lead to the fact that the phase of intensive plant growth falls into the hottest and driest period, as a result of which the yield will decrease. Many physiological characteristics of a plant are formed in the early stages of growth, so it is very important to provide conditions for good plant development in the early stages. The historical prerequisites for the emergence of the Strip-Till technology were the search for ways to accelerate the heating of the soil in the area of future sowing. The key to quickly warming up

the strip is to clean it of the harvest residues and form a strip with a convex profile, which helps it to dry and warm up.

Key words: soil, tillage, Strip-Till, method, agricultural technology, requirement.

Постановка проблеми

Батьківщиною технології Strip-Till є США, де вона з'явилась в середині 1980-х років і набула популярності при вирощуванні кукурудзи. Поштовхом до виникнення технології Strip-till було невдоволення американських фермерів середнього заходу, тим що за технології No-Till (нульової обробки ґрунту) весною ґрунт, вкритий пожнивними рештками, повільніше прогрівався, ніж за традиційної обробки ґрунту, що зміщало строки посіву і сповільнювало стартовий ріст кукурудзи на важких холодних ґрунтах. Одним із винахідників технології Strip-Till вважається Джим Кінселла. Отримавши ступінь бакалавра з агрономії та ступінь магістра з ґрунтознавства, він працював разом з батьком на сімейній фермі в Лексінгтоні штат Іллінойс і вирощував кукурудзу та сою по технології No-Till. За словами Джима він практикував внесення безводного аміаку (NH_3) з осені за допомогою аплікатора, що мав відстань між ножами 30 дюймів. Посів кукурудзи здійснювався з міжряддям 38 дюймів, що призвело до розміщення деяких рядків кукурудзи в лінії осіннього проходу ножа аплікатора. Весна 1982 року була холодною і кукурудза в рядках, що співпадали з осіннім проходом ножа аплікатора мала кращий стартовий розвиток. Наступного року він переобладнав свій аплікатор, щоб міжряддя аплікатора і сівалки збігались, та посіяв кукурудзу безпосередньо в рядки що залишились після ножа аплікатора. Кукурудза не завжди потрапляла прямо в цей рядок, але там, де це траплялося, різниця була очевидною. Навесні 1984 року декілька однодумців Джима Кінселлі, що практикували No-Till і також були невдоволені повільним раннім розвитком кукурудзи спробували щось подібне. Отримавши хороші результати вони почали ділитись своїм досвідом на різних зустрічах і конференціях, присвячених технології No-Till. Джим почав співпрацювати з компаніями DMI та Progressive Farm Products, що виробляли знаряддя для обробки ґрунту та аплікатори для внесення добрив.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Річ Фоллмер (Хадсон, штат Іллінойс) фермер і засновник компанії Progressive Farm Products за участю Джима Кінселли розробив один з перших Strip-Till агрегатів, що мав комерційний успіх на середньому заході США. Виробництво було розпочато у 1992 році. Вони сформуvalи концепцію технології і дали їй назву Strip-Till.

Секція агрегату для смугової обробки ґрунту Row-Pro компанії Progressive Farm Products (рис. 1) мала паралелограмну підвіску і опору на передні колеса секції, що дозволяло копіювати поверхню ґрунту і більш точно дотримуватись глибини обробки ґрунту і внесення добрив, ніж звичайний аплікатор для внесення аміаку [1]. Опційно секція могла бути обладнана очисниками ряду від пожнивних решток і прикочуючим котком [2].

Джим Кінселла продовжував практикувати технологію No-Till для вирощування сої і Strip-Till – для кукурудзи, та згодом побудував центр зустрічей на своїй фермі де ділився досвідом з усіма охочими [3]. На середньому заході США також певної популярності набуло використання аплікаторів для внесення аміаку, що були обладнані прорізним диском попереду і закриваючими дисками по бокам від лапи, що формували рядок, як агрегати для смугової обробки ґрунту [4]. На фото (рис. 2) зображено аплікатор Progressive Farm Products у зчпці з обладнанням для одночасного внесення

гранульованих добрив і аміаку [5].



Рис. 1. Секція агрегату для смугової обробки ґрунту Row-Pro.

Розглядаючи історію технології Strip-Till варто зазначити, що агрегати які працюють по принципу схожому до смугової обробки ґрунту створювались і раніше, але в більшості випадків, концептуально вони були частиною сівалки, тому через визначення технології смугової обробки ґрунту [6], як окремої від посіву операції [7], в даному матеріалі такі агрегати розглядатись не будуть [8].



Рис. 2. Аплікатор Progressive Farm Products

Також уваги вартий агрегат, що був розроблений в середині 1970-х на півдні США в Алабамі братами Лео та Джерілом Хардінами, що вирощували бавовну. Агрегат спочатку мав назву Super Seeder і згодом був перейменований на Ro-Till (Ro – скорочено від Row – рядок, тобто рядкова обробка ґрунту) [9]. Виробництво було розпочато компанією Brown Manufacturing. Потім патент було продано компанії Bush Hog Co. із Сельми, штат Алабама і Лео Хардін почав працювати в цій компанії. Він був процитований у статті журналу Farm Show 1984 року, описуючи Ro-Till як «єдину систему, яка створює ідеальне, глибоко оброблене посівне ложе для кожного ряду, залишаючи міжряддя непорушеним» [10].

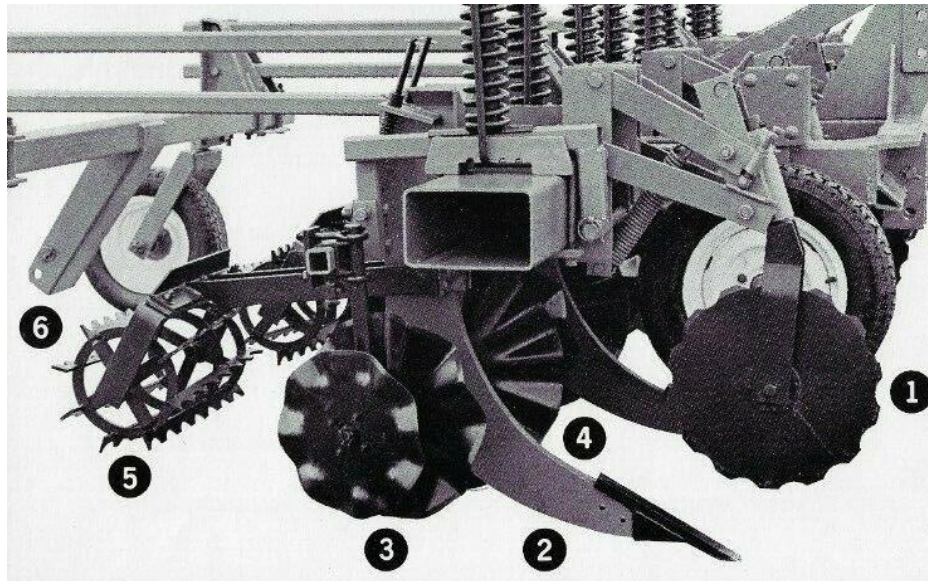


Рис. 3. Робоча секція агрегату RO-TILL

Робоча секція агрегату RO-TILL (рис. 3) була обладнана култером 1 для перерізання пожнивних решток попереду лапи глибокорозпушувача 2, бічними дисками 3 і 4 та катком 5 також, опційно, агрегат міг бути обладнаний зчпним пристроєм для сівалки 6. Цей агрегат конструктивно був схожий на перші агрегати виробництва Progressive Farm Products, які по суті були вдосконаленими аплікаторами для внесення добрив. Але концептуально це був глибокорозпушувач, без можливості внесення добрив, для руйнування ущільнення вузької смуги ґрунту на глибину до 45 см перед посівом. За словами Альберта Трауса (Albert Trowse Jr., adjunct professor at Auburn University) Глибокий Y-подібний розріз простягається крізь ущільнений ґрунт, даючи корінням простір для росту і спрямовує воду і добрива саме туди, де вони потрібні, щоб сприяти росту рослин [11]. Він також ефективний при сильних опадах, дозволяючи воді просочуватися вниз і зменшувати негативні наслідки посухи [12].

RO-TILL успішно використовувався на півдні США переважно при вирощуванні бавовни, а в кукурудзяному поясі США при вирощуванні кукурудзи комерційного успіху не мав [13]. Через відмінності агрокліматичних умов півдня і середнього заходу США схожі за конструкцією агрегати позиціонувались по різному, тому що їх винахідники, при розробці, закладали ідею вирішення різних агрономічних проблем [14]. Так агрегати, що набули популярності на середньому заході, були створені для осіннього внесення добрив і пришвидшення прогрівання обробленого рядка весною перед посівом, що забезпечувало кращий стартовий ріст кукурудзи на холодних вологих ґрунтах [15]. Використовувались такі агрегати переважно з осені [16]. По суті це були вдосконалені аплікатори для внесення добрив, на відміну від агрегату RO-TILL, який концептуально був зональним глибокорозпушувачем без можливості внесення добрив [17], який був сконструйований для створення кращих умов росту коріння [18] і накопичення вологи [19]. Використовувались такі агрегати зазвичай перед посівом [20].

Брати Хардіни називали свою технологію Precision Applied Tillage – точно здійснена обробка ґрунту, а Кінселла і Фоллмер – Strip-Till – смугова обробка ґрунту. Цей винахід приніс Хардінам відзнаку 1978 року від журналу No-Till Farmer (The No-Till Innovator Award program). та нагороду від журналу Progressive Farmer у 1984 році. А у 2011 році Джима Кінселлу було нагороджено відзнакою Асоціації виробників кукурудзи штату Іллінойс за його вклад в розвиток технології Strip-Till. Через три десятиліття після

визнання технології Strip-Till у 2023р. було створено Зал слави, щоб відзначити тих, хто допоміг просувати цю практику вперед. Першими номінантами Залу слави Strip-Till є Джим Кінселла, Річ Фоллмер, і Тоні Він (університет Пердью). Вони були представлені на Національній Strip-Till конференції 2023 року в Блумінгтоні, штат Іллінойс.

Отже Strip-Till це відгалуження технології No-Till, що має багату історію та переросло в окрему технологію, яка ввібрала в себе переваги традиційної і нульової обробки ґрунту і практикується в багатьох країнах світу.

Формулювання мети досліджень

Мета досліджень направлена узагальнення результатів виробничого експериментального застосування методичних підходів і агротехнічних вимог до смужкової обробки ґрунту.

Результати досліджень

Посів будь-якої сільськогосподарської культури потрібно здійснювати в оптимальні строки та за оптимальних умов. Посів кукурудзи здійснюється за температури ґрунту, на глибині посіву, не менше 10 °С. тому, що проростання насіння кукурудзи відбувається при температурі ґрунту близько 7-9 °С. Висів у недостатньо прогрітій ґрунт призводить до збільшення строків проростання. Також за ранніх строків посіву рослини більше схильні до впливу хвороби і шкідників. Пізній посів може призвести до того, що фаза інтенсивного росту рослин попаде в найспекотніший і посушливий період, у результаті чого врожайність знизиться.

Багато фізіологічних характеристик рослини формуються на ранніх стадіях росту, тому дуже важливо забезпечити умови для хорошого розвитку рослини на ранніх етапах.

Історичними передумовами виникнення технології Strip-Till був пошук способів пришвидшення прогрівання ґрунту в зоні розміщення майбутнього посіву (рис. 4). Ключем до швидкого прогрівання смуги є очищення її від пожнивних решток та формування смуги опуклого профілю, що сприяє її підсиханню та прогріву.



Рис. 4. Загальний вид посівів соняшнику по технології Strip-Till. Миколаївська область.

В достатньо зволжених регіонах оптимальна висота опуклості смуги під час осінньої обробки ґрунту складає до 12 см. До весни смуги просідають і їх висота зменшується приблизно на 2-5 см. В умовах високої вологості весною висота смуги має

складати не менше 3 см. В недостатньо зволжених регіонах висоту смуги доцільно зменшувати.

Ширина обробленої смуги зазвичай складає 20-30 см. Для зменшення вітрової ерозії ґрунту, стерня має залишатись на більшій частині площі поля (рис. 5). Отже співвідношення ширини смуги і ширини міжряддя має забезпечувати покриття не менш ніж 50% поверхні поля поживними рештками. Також необхідно забезпечити задану ширину обробки смуги без деформування сусідніх міжрядь.



Рис. 5. Геометричні параметри профілю обробленої смуги. Київська область.

Очищення смуги від поживних решток є важливою умовою прогрівання ґрунту навесні і здійснення якісного посіву. Смуга має бути чистою, а скинуті в міжряддя рештки рівномірно розподілені.

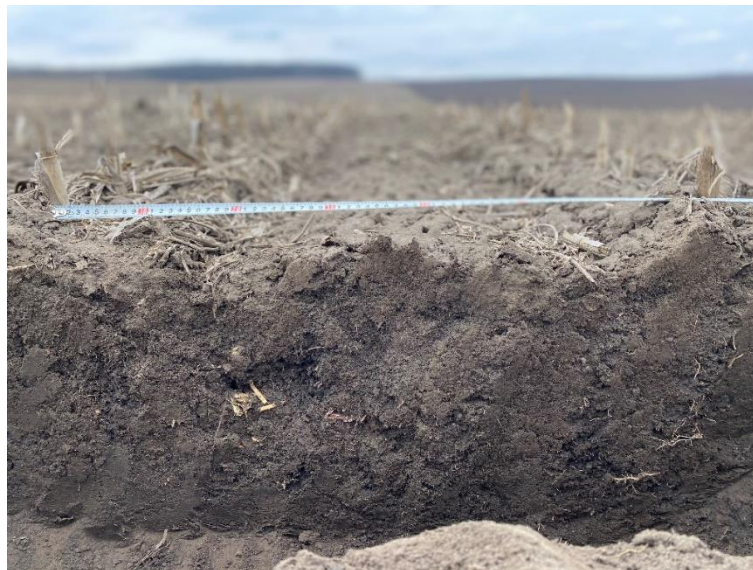


Рис. 6. Весна. Стан смуги сформованої з осені. Кіровоградська область.

Підготовку поля для Strip-Till необхідно починати з управління рослинними рештками ще під час збирання попередньої культури. Комбайн обов'язково повинен мати

обладнання для подрібнення рослинних решток і рівномірно розподіляти їх під час збирання врожаю. Нерівномірний розподіл поживних решток на поверхні поля може стати причиною забивання агрегату для смугової обробки ґрунту. У разі неякісного розподілу поживних решток, одразу після збирання, можна використати пружинну (пруткову) борону, або агрегати для вертикальної обробки ґрунту (рис. 6).

Доступність води і повітря в ґрунті є ключовими факторами до нормального розвитку рослин. Водопоглинання ґрунту залежить від його пористості, структурності та щільності. Розмір та кількість пор впливають на рух води в ґрунті. Пори поділяють на капілярні (діаметр < 0,1 мм) та некапілярні (діаметр > 0,1 мм). Капілярні пори утримують і переміщують воду за допомогою меніскових сил, а некапілярні, здебільшого зайняті повітрям і служать каналами для просочування води вглиб ґрунту.

Оптимальною щільністю ґрунту для більшості сільськогосподарських культур є 1,00–1,45 г/см³. Зменшення або (особливо) збільшення щільності ґрунту, порівняно з оптимальною, призводить до зниження урожайності. Ущільнення ґрунтів знижує їх вологоємність, погіршує газообмін і умови проростання коріння. Для ґрунтів середнього і важкого механічного складу щільність 1,6...1,7г/см³ є критичною, при якій ріст і розвиток рослин або утруднені, або неможливі. Наприклад, для соняшника оптимальними показниками ґрунту вважаються: щільність – 1,1...1,2 г/см³, пористість – 55...60%, твердість – 0,1...0,2 МПа.

Механічна обробка ґрунту підвищує його пористість, однак під дією води, що поглинається, грудки розкисають до розмірів своєї природної структури, яка визначається вмістом гумусу в ґрунті. Щільність ґрунту під дією вологи теж переходить у природний стан. Таким чином, метою смугової обробки ґрунту є не лише тимчасове збільшення пористості та зниження щільності, а й активізація в ґрунті біологічних процесів, що відновлюють природну структуру ґрунту.

Грудкуватість обробленого ґрунту впливає на водно-повітряний баланс ґрунту, що є важливим фактором родючості. Відповідно до класифікації П.А. Некрасова, структурні ґрунтові агрегати поділяються на пилуваті <0,5 мм, зернисті та дрібно грудкуваті 0,5-10 мм, середньо грудкуваті 10-50 мм і великі грудки-брили >50 мм. Для вирощування польових культур цінними агрегатами є грудки розміром від 0,5 до 5 см (рис. 7).



Рис. 7. Нормативна грудкуватість смуги сформованої на початку осені. Черкаська область.

Вимоги до грудкуватості поверхні обробленої смуги залежать від часу проведення смугової обробки ґрунту. Сформована з осені смуга має бути більш грудкуватою ніж весною, тому що під впливом опадів, вітру і перепаду температур грудки можуть руйнуватись і весною через швидке танення снігу дрібно грудкувата смуга може запливати. Під час весняної передпосівної обробки ґрунт в смугах має бути розрихленим і дрібно грудкуватим. Кількість грудок розміром від 5 до 10 см допускається в межах 10%. Грудкуватість має бути рівномірною по всій довжині смуги.

Смугову обробку можна здійснювати з осені або весною перед посівом. Вибір часу здійснення цієї операції залежить від різних факторів, серед яких: погодні умови, стан ґрунту, система живлення, та організаційні можливості господарства.

Смугову обробку слід проводити лише за умови фізичної стиглості ґрунту, тоді він добре кришиться і не мажеться. Такий стан ґрунту настає при його вологості близько 60-70% від повної вологоємкості. Вологість, при якій настає фізична стиглість ґрунту, залежить від його гранулометричного складу і становить приблизно 50-60% для суглинків і 40-70% для супіщаних ґрунтів. Структурні ґрунти можуть добре кришитися при вологості в межах 40-80 %.

Осіньна обробка ґрунту сприяє більшому накопиченню вологи ніж весняна. Згідно з опитуваннями журналу Strip-Till Farmer американські фермери частіше практикують осінню обробку.

На важких глинистих ґрунтах нарізання смуг краще проводити з осені, а на легких – весною. У вологу весну обробка ґрунту може бути ускладнена – підвищується ризик забивання Strip-Till культиватора та погіршення якості підготовки посівного ложе (рис. 8). Робота важкої техніки на перезволожених ґрунтах призводить до надмірного ущільнення ґрунту.



Рис. 8. Небажане явище – утворення пустот під час весняної обробки ґрунту. Причина – надмірна глибина обробки. Чернігівська обл.

З організаційної точки зору, нарізання смуг з осені є більш виправданим. Осінні затрати часу на доставку і завантаження добрив та невисока швидкість роботи Strip-Till культиватора не буде мати негативного впливу на продуктивність сівалки весною. Також при плануванні проведення весняної смугової обробки ґрунту слід враховувати ризик несприятливих погодних умов. Для ефективного використання добрива мають закладатись безпосередньо під корінь. Культурні рослини проявляють виражений геотропізм, тобто їх коренева система росте в напрямку до центру Землі і рослини, в процесі росту освоюють добрива випадково.

Агрегати для смугової обробки ґрунту дають можливість вносити добрива у два рівні, на різну глибину. Вид добрив і глибина їх внесення розраховуються виходячи із потреб культури по фазам розвитку. Завдяки такій схемі рослина отримує живлення, саме тоді коли це необхідно. На стратегію живлення впливає сукупність факторів, серед яких: час нарізання смуг, тип ґрунту його стан, наявність в ньому поживних речовин та погодні умови. Азот має високу рухомість у ґрунті і його розташування менше впливає на доступність для рослин ніж фосфору і калію, що є малорухомими, саме тому, їх розміщення має бути якомога ближче до коріння. Але слід зауважити що, розміщення азотних добрив занадто близько до молодих коренів може пошкодити їх і затримати ріст кореневої системи. Внесення добрив краще розділити на декілька етапів циклу росту рослин. Наприклад внести азот Strip-Till агрегатом під час нарізання смуг і сівалкою – під час посіву. За даними Крамарева С.М. добрива, внесені в 1,5–2 рази глибше від глибини висівання насіння, знаходяться в зоні гарантованого зволоження, швидше переходять кореневими системами і триваліший час засвоюються рослинами. Максимальна глибина внесення добрив за даними Тоні Віна – 30 см. Отже можна зробити висновок, що оптимальний діапазон внесення добрив складає від 1,5 глибини посіву до 20 см.

Таблиця 1

Узагальнені агротехнічні вимоги

Показник	Значення	Допуски та примітки
Глибина обробки	10-30 см	± 2 см
Глибина внесення добрив	10-30 см	± 2 см для 80% внесених добрив
Ширина смуги	20-30 см	± 2 см без деформування міжряддя
Висота смуги	До 12 см	
Поперечна нерівність обробленої смуги	не більше 15 %	
Грудкуватість	Грудки до 5 см 90% і більше, грудки 5-10 см – до 10%	Навесні грудки розміром 5-10 см не допускаються
Щільність ґрунту в обробленій смужці	1	
Швидкість руху агрегату	від 6 до 18 км/год.	В залежності від рекомендацій заводу-виробника
Наявність рослинних решток в обробленій смужці	від 20 до 50 г/м ²	
Відхилення стикових міжрядь		±3 см

Обробка ґрунту під кукурудзу зазвичай виконується на глибину від 15 до 20 см. При виборі глибини обробки слід пам'ятати, що безпідставне збільшення робочої глибини призводить до перевитрат паливо-мастильних матеріалів і збільшує навантаження на машино-тракторний парк.

Швидкість обробки залежить від конструкції Strip-Till знаряддя та знаходиться в межах від 6 до 18 км/год. Кожний завод-виробник встановлює оптимальну швидкість роботи своїх агрегатів, недотримання якої може призвести до погіршення якості роботи самого агрегату чи просапної сівалки. При повільній роботі рослинні залишки залишатимуться на поверхні обробленого ґрунту, смуга буде оброблена не якісно, може також залишатися багато великих грудок. Під час роботи на великих швидкостях робочі органи можуть відкидати рослинні залишки на смуги, що знаходяться поруч. Також це може стати причиною нерівномірного розподілу мінеральних добрив по всій смузі.

Для смугової обробки ґрунту на одну секцію Strip-Till агрегату з лапою потрібно 30-40 кінських сил. При недостатній потужності трактора виникають проблеми у вигляді частих поломок, підвищеної витрати палива, малої продуктивності.

Визначальними показниками оцінки якості смугової обробки ґрунту є: грудкуватість та нерівність обробленої смуги, рівномірність глибини обробки і внесення добрив та наявність рослинних решток на поверхні обробленої смуги (таблиця 1).

Незалежно від того в яких умовах проводиться обробка ґрунту: по стерні пшениці, стеблам кукурудзи чи покривній (сидеральній) культурі – завданням Strip-Till є забезпечити чисті, рівні, добре підготовлені смуги. Отже, основними цілями технології смугового обробітку ґрунту є:

творення оптимально сформованого простору для проростання кореня за рахунок прибирання з місця майбутнього рядка пожнивних залишків і розпушення ґрунту;
фактивне підкореневе підживлення рослин на різних рівнях глибини за рахунок роздільного внесення добрив;
забезпечення доступу рослин до ґрунтових вод за рахунок збереження капілярності ґрунту, особливо в міжряддях, де не порушується природна структура;
захист від водної та вітрової ерозії за допомогою утримуючої дії пожнивних решток у міжряддях.

Висновки

Висота смуги. В достатньо зволжених регіонах оптимальна висота опуклості смуги під час осінньої обробки ґрунту складає до 12 см. До весни смуги просідають і їх висота зменшується приблизно на 2-5 см. В умовах високої вологості весною висота смуги має складати не менше 3 см. В недостатньо зволжених регіонах висоту смуги доцільно зменшувати.

Ширина смуги. Ширина обробленої смуги зазвичай складає 20-30 см. Співвідношення ширини смуги і ширини міжряддя має забезпечувати покриття не менш ніж 50% поверхні поля пожнивними рештками.

3. **Пожнивні решти.** Смуга має бути чистою, а скинуті в міжряддя рештки рівномірно розподілені. Нерівномірний розподіл пожнивних решток на поверхні поля може стати причиною забивання агрегату для смугової обробки ґрунту.

4. **Щільність і пористість ґрунту.** Оптимальною щільністю ґрунту для більшості сільськогосподарських культур є 1,00–1,45 г/см³, а пористість – 55...60%.

5. **Грудкуватість.** Для вирощування сільськогосподарських культур є грудки розміром від 0,5 до 5 см.

6. **Вологість ґрунту.** Вологість, при якій настає фізична стиглість ґрунту, залежить від його гранулометричного складу і становить приблизно 50-60% для суглинків і 40-70% для супіщаних ґрунтів. Структурні ґрунти можуть добре кришитися при вологості в межах 40-80 %.

Швидкість. Швидкість обробітку ґрунту залежить від конструкції Strip-Till знаряддя та

знаходиться в межах від 6 до 18 км/год. Для смугової обробки ґрунту на одну секцію трактора виникають проблеми у вигляді частих поломок, підвищеної витрати палива, малої продуктивності.

Список використаних джерел

1. Nazemosadat S.M.R., Ghanbarian D., Naderi-Boldaji M., Nematollahi M.A. Structural analysis of a mounted moldboard plow using the finiteelement simulation method, Spanish Journal of Agricultural Research. 2022. Vol. 20 (2). 14 p. DOI: 10.5424/sjar/2022202-18157.
2. Kozachenko O.V., Syedykh K.V., Shkrehal O.M. Mathematical modeling of stability of mechanical system of discator. Machinery and Energetics. 2021. Vol. 12(4). P. 61–66.
3. Vlăduț D.I., Biriș S., Vlăduț V., Cujbescu D., Ungureanu N., Găgeanu I. Verification of stress by FEM analysis·M-1 echanical testing of agricultural mobile aggregates couplig device. Inmateh – Agricultural Engineering. 2018. Vol. 54, no. 1/2018, P. 37–46.
4. Войтiк А.В., Вихватнюк Р.В., Худiк Л.М. Технологiя обробiтку ґрунту стрiп-тiл: iсторичний розвиток та поширення в Украiнi. Конструювання, виробництво та експлуатацiя сiльськогосподарських машин. 2016. Вип. 46. С. 117–123.
5. Голуб Г.А., Дворник А.В. Обґрунтування показникiв якостi та агрономiчних вимог до смугового обробiтку ґрунту. Науковi горизонти. 2018. № 12 (73). С. 37–44.
6. Gheorghe G., Lates D., Oprea C., Baltatu C. Structural and modal analysis in solidworks of agricultural plow to choose vibration system at moldboard. Engineering for Rural Development. 2023. Vol. 22. P. 872–878. DOI: 10.22616/ERDev.2023.22.TF168.
7. Голуб Г.А., Дворник А.В. Вплив конструкцiйно-технологiчних параметрiв на якiсть смугового обробiтку ґрунту. Технiко-технологiчнi аспекти розвитку та випробування нової технiки i технологiй для сiльського господарства Украiни. Дослiдницьке. 2019. Вип. 24 (38). С. 28–37.
8. Rogovskii I., Titova L., Trokhaniak V., Trokhaniak O., Stepanenko S. Experimental study on the process of grain cleaning in a pneumatic microbiocature separator with apparatus camera. Bulletin of the Transilvania University of Brasov, Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering. 2019. Vol. 12 (61). No 1. P. 117–128. <https://doi.org/10.31926/but.fwiafe.2019.12.61.1.10>.
9. Rogovskii I.L., Titova L.L., Trokhaniak V.I., Rosamaha Yu.O., Blesnyuk O.V., Ohiienko A.V. Engineering management of two-phase coulter systems of seeding machines for implementing precision farming technologies. INMATEH. Agricultural Engineering. 2019. Bucharest. Vol. 58. No 2. P. 137–146. <https://doi.org/10.35633/INMATEH-58-15>.
10. Rogovskii I.L. Algorithmically determine the frequency of recovery of agricultural machinery according to degree of resource's costs. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2020. Vol. 11 (1). P. 155–162. <https://doi.org/10.31548/machenergy.2020.01.155-162>
11. Rogovskii I., Titova L., Trokhaniak V., Trokhaniak O., Stepanenko S. Experimental study of the process of grain cleaning in a vibro-pneumatic resistant separator with passive weeders. Bulletin of the Transilvania University of Brasov, Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering. 2020. Vol. 13 (62). No 1. P. 117–128. <https://doi.org/10.31926/but.fwiafe.2020.13.62.1.11>.
12. Rogovskii I.L., Titova L.L., Trokhaniak V.I., Haponenko O.I., Ohiienko M.M., Kulik V.P. Engineering management of tillage equipment with concave disk spring shanks. INMATEH. Agricultural Engineering. 2020. Bucharest. Vol. 60. No 1. P. 45–52. <https://doi.org/10.35633/INMATEH-60-05>.

13. Rogovskii I.L. Consistency ensure the recovery of agricultural machinery according to degree of resource's costs. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2019. Vol. 10(4). P. 145–150. <https://doi.org/10.31548/machenergy.2019.04.145-150>.
14. Yablonskyi P., Rogovskii I., Sobczuk H., Virchenko G., Volokha M., Vorobiov O. Computational approach to geometric modeling of plow bodies. *Journal of Engineering Sciences (Ukraine)*. 2024. Vol. 11(1). P. E9–E18. [https://doi.org/10.21272/jes.2024.11\(1\).e2](https://doi.org/10.21272/jes.2024.11(1).e2).
15. Голуб Г.А., Дворник А.В. Вплив параметрів секції агрегату для смугового обробітку на поперечну нерівність ґрунту. *Наукові горизонти*. 2019. №5 (78). С. 40–50.
16. Golub G., Dvornyk A. Research of indicators of strip tillage. *ТЕКА. Quarterly journal of agri-food industry*. Lublin. 2020. Vol. 20. No 2. P. 83–90.
17. Сакунов Д.І. Структурність машиновикористання технології Strip-Till. Крамаровські читання: X Міжнародна науково-технічна конференція. м. Київ, 23-24 лютого 2023 року: тези конференції. Київ. 2023. С. 217-221.
18. Сакунов Д.І. Агротроніка енергетичної оцінки роботи робочого органу обробітку ґрунту Strip-Till. Рациональне використання енергії в техніці. *TechEnergy 2023: XIX Міжнародна наукова конференція*, м. Київ. 18-19 травня 2023 року: тези конференції. Київ. 2023. С. 213-216.
19. Nazarenko I., Mishchuk Y., Mishchuk D., Ruchynskiy M., Rogovskii I., Mikhailova L., Titova L., Berezovyi M., Shatrov R. Determination of energy characteristics of material destruction in the crushing chamber of the vibration crusher. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 4(7(112)). P. 41–49. doi: 10.15587/1729-4061.2021.239292.
20. Zagurskiy O., Pokusa Z., Pokusa F., Titova L., Rogovskii I. Study of efficiency of transport processes of supply chains management under uncertainty. *Monograph*. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole. 2020. ISBN 978-83-66567-13-9. 162 p.

References

1. Nazemosadat S.M.R., Ghanbarian D., Naderi-Boldaji M., Nematollahi M.A. (2022). Structural analysis of a mounted moldboard plow using the finiteelement simulation method, *Spanish Journal of Agricultural Research*. Vol. 20 (2). 14 p. DOI: 10.5424/sjar/2022202-18157.
2. Kozachenko O.V., Syedykh K.V., Shkrehal O.M. (2021). Mathematical modeling of stability of mechanical system of discator. *Machinery and Energetics*. Vol. 12(4). P. 61–66.
3. Vlăduț D.I., Biriș S., Vlăduț V., Cujbescu D., Ungureanu N., Găgeanu I. (2018). Verification of stress by FEM analysis: Mechanical testing of agricultural mobile aggregates coupling device. *Inmatch – Agricultural Engineering*. Vol. 54, no. 1/2018, P. 37–46.
4. Voytik A.V., Vykhatnyuk R.V., Hudik L.M. (2016). Strip-till soil cultivation technology: historical development and distribution in Ukraine. *Design, production and operation of agricultural machines*. Vol. 46. P. 117–123.
5. Golub G.A., Dvornyk A.V. (2018). Justification of quality indicators and agronomic requirements for strip tillage. *Scientific horizons*. No. 12 (73). P. 37–44.
6. Gheorghe G., Lates D., Oprea C., Baltatu C. (2023). Structural and modal analysis in solidworks of agricultural plow to choose vibration system at moldboard. *Engineering for Rural Development*. Vol. 22. P. 872–878. DOI: 10.22616/ERDev.2023.22.TF168.
7. Golub G.A., Dvornyk A.V. (2019). The influence of structural and technological parameters on the quality of strip tillage. *Technical and technological aspects of development and testing of new equipment and technologies for agriculture in Ukraine. Research*. Vol. 24 (38). P. 28–37.

8. Rogovskii I., Titova L., Trokhaniak V., Trokhaniak O., Stepanenko S. (2019). Experimental study on the process of grain cleaning in a pneumatic microbiocature separator with apparatus camera. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov, Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering*. Vol. 12 (61). No 1. P. 117–128. <https://doi.org/10.31926/but.fwiafe.2019.12.61.1.10>.
9. Rogovskii I.L., Titova L.L., Trokhaniak V.I., Rosamaha Yu.O., Blesnyuk O.V., Ohienko A.V. (2019). Engineering management of two-phase coulter systems of seeding machines for implementing precision farming technologies. *INMATEH. Agricultural Engineering*. Vol. 58. No 2. P. 137–146. <https://doi.org/10.35633/INMATEH-58-15>.
10. Rogovskii I.L. (2020). Algorithmically determine the frequency of recovery of agricultural machinery according to degree of resource's costs. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. Vol. 11 (1). P. 155–162. <https://doi.org/10.31548/machenergy.2020.01.155-162>.
11. Rogovskii I., Titova L., Trokhaniak V., Trokhaniak O., Stepanenko S. (2020). Experimental study of the process of grain cleaning in a vibro-pneumatic resistant separator with passive weeders. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov, Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering*. Vol. 13 (62). No 1. P. 117–128. <https://doi.org/10.31926/but.fwiafe.2020.13.62.1.11>.
12. Rogovskii I.L., Titova L.L., Trokhaniak V.I., Haponenko O.I., Ohienko M.M., Kulik V.P. (2020). Engineering management of tillage equipment with concave disk spring shanks. *INMATEH. Agricultural Engineering*. Bucharest. Vol. 60. No 1. P. 45–52. <https://doi.org/10.35633/INMATEH-60-05>.
13. Rogovskii I.L. (2019). Consistency ensure the recovery of agricultural machinery according to degree of resource's costs. *Machinery & Energetics*. Kyiv. Ukraine. Vol. 10(4). P. 145–150. <https://doi.org/10.31548/machenergy.2019.04.145-150>.
14. Yablonskyi P., Rogovskii I., Sobczuk H., Virchenko G., Volokha M., Vorobiov O. (2024). Computational approach to geometric modeling of plow bodies. *Journal of Engineering Sciences (Ukraine)*. Vol. 11(1). P. E9–E18. [https://doi.org/10.21272/jes.2024.11\(1\).e2](https://doi.org/10.21272/jes.2024.11(1).e2).
15. Golub G.A., Dvornyk A.V. (2019). The influence of the parameters of the unit section for strip cultivation on the transverse unevenness of the soil. *Scientific Horizons*. Vol. 5 (78). P. 40–50.
16. Golub G., Dvornyk A. (2020). Research of indicators of strip tillage. *TEKA. Quarterly journal of agri-food industry*. Lublin. Vol. 20. No 2. P. 83–90.
17. Sakunov D.I. (2023). Structure of machine use of Strip-Till technology. *Kramarov readings: 10th International Scientific and Technical Conference, Kyiv, February 23-24, 2023: conference abstracts*. Kyiv. P. 217–221.
18. Sakunov D.I. (2023). Agrotechnics energy evaluation of the working body of the Strip-Till tillage. *Rational use of energy in technology. TechEnergy 2023: XI International Scientific Conference, Kyiv, May 18-19, 2023: abstracts of the conference*. Kyiv. P. 213–216.
19. Nazarenko I., Mishchuk Y., Mishchuk D., Ruchynskyi M., Rogovskii I., Mikhailova L., Titova L., Berezovyi M., Shatrov R. (2021). Determination of energy characteristics of material destruction in the crushing chamber of the vibration crusher. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 4(7(112)). P. 41–49. doi: 10.15587/1729-4061.2021.239292.
20. Zagurskiy O., Pokusa Z., Pokusa F., Titova L., Rogovskii I. (2020). Study of efficiency of transport processes of supply chains management under uncertainty. *Monograph*. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole. ISBN 978-83-66567-13-9. 162 p.