

Хоча останнім часом усе більшої популярності в землеробстві набуває система ноу-тілл, оранка продовжує займати чільне місце в складі технологічних процесів основного обробітку ґрунту. Проте вона як була, так і залишається найбільш енергоємною операцією сільськогосподарського виробництва.



Оранка за схемою «штовхай-тягни»

В. Надикто, член-кореспондент НААН України,

В. Булгаків академік НААН України,

О. Кістечок, канд. техн. наук, Таврійський ДАТУ

Наука та практика переконливо доводять, що задля зменшення енергетичних витрат на оранці трактор в агрегаті з плугом повинен мати високі тягово-зчіпні властивості, утворювати вузьку колію, забезпечувати задовільну керуваність і стійкість руху. В разі його руху поза борозною — переміщатися на мінімальній відстані від її стінки. Із названих вище вимог визначальною є перша.

Найпростіший варіант підвищення тягово-зчіпних властивостей колісного енергетичного засобу — збільшення його експлуатаційної маси шляхом баластування. Проте дослідники встановили, що таке конструктивне рішення суттєво не впливає на максимальне значення тягового коефіцієнта корисної дії трактора, а от ущільнювальний вплив рушіїв енергетичного засобу на ґрунт в такому разі зростає. Ба більше, баластування трактора, як відомо, найефективніше на твердій поверхні, в той час як потреба в такому конструктивному рішенні виникає на м'якому агротехнічному фоні. Але саме

такий фон найбільш схильний до перещільнення.

Одним із найефективніших варіантів розв'язання проблеми підвищення тягово-зчіпних властивостей колісного трактора на оранці є використання замість баласту силового впливу тягового опору агрегатованого плуга на енергетичний засіб. Горизонтальна складова цього опору — головна з-поміж тих чинників, які формують тягове зусилля трактора. Водночас вертикальна складова, як впливає з її назви, зумовлює вертикальне довантаження рушіїв енергетичного засобу.

У разі заднього агрегування плуга вертикальна його

тягового опору довантажує лише задні колеса трактора, забезпечуючи таким чином відповідне розвантаження передніх рушіїв. Але якщо таке розвантаження досягає певного (критичного) значення, то рух орного агрегату може стати некерованим.

За агрегування енергетичного засобу із навісним плугом ступінь вертикального довантаження коліс його заднього мосту регулюють за допомогою вбудованого в конструкцію трактора ГЗВ (тобто гідрозбільшувача зчіпної ваги). Якщо такого немає, то це виконують за допомогою підбору відповідного кута нахилу в поздовжньо-вертикальній площині центральної тяги заднього навісного механізму енергетичного засобу.



Трактор серії ХТЗ-160 із фронтальним плугом ПЛН-2-35 і задньонавісним чотирикорпусним орним знаряддям ПЛН-4-35



На певному етапі практичного застосування оранки у науковців з'явилася ідея використовувати фронтальний навішений плуг. Передбачалося, що за умови правильного агрегування такого орного знаряддя вертикальна складова його тягового опору не тільки компенсуватиме розвантаження передніх коліс трактора в результаті дії приєднаного до нього ззаду плуга, а й навіть сприятиме їхньому вертикальному розвантаженню.

Внаслідок, це має зменшити буксування рушіїв трактора, поліпшити керованість його руху й зрештою — зменшити питомі витрати палива.

Схема орного машинно-тракторного агрегату (МТА) у складі трактора, фронтального й задньонавісного плугів отримала назву «push-pull» (тобто «штовхдай-тягни»). І хоча вона вже має певне поширення за кордоном, у нашій країні застосування ще не знайшла.

Фірми Європи пропонують, в основному, дво- або трикорпусні передньонавісні орні знаряддя. Фронтальні плуги з більшою кількістю корпусів виготовляють лише на замовлення.

Слід підкреслити, що серед передньонавісних орних знарядь переважна кількість — оборотні. Єдина задекларована перевага перед звичайними плугами — можливість виконувати оранку без утворення згинних і розгінних борозен. Зараз, як свідчать результати наших досліджень, залежно від професійного рівня механізатора, ця перевага оборотного орного знаряддя може бути нівельована. Ба більше, з певних причин

організаційного характеру витрати часу на повороти за використання цього плуга можуть бути навіть більшими, ніж за оранки звичайним.

Практично всі фронтальні плуги приєднуються до рами трактора через вертикальний шарнір, убудований у конструкцію передньонавісного орного знаряддя. На думку дослідників, це сприяє підвищенню керованості руху орного агрегату за схемою push-pull. Насправді це можливо лише за умови, коли опорне колесо фронтального плуга буде розташоване в борозні: упираючись своєю боковою поверхнею в її стінку, воно обмежуватиме кутову поворотність передньонавісного орного знаряддя в горизонтальній площині.

Важливим моментом комплектування орного агрегату за схемою push-pull є визначення співвідношення між кількістю корпусів фронтального й задньонавісного плугів (найпоширеніший варіант 1:1). Наші дослідження та закордонна практика використання орних агрегатів за схемою push-pull встановили, що фронтальний плуг повинен мати менше корпусів, ніж задній (зазвичай найменша їхня кількість — два).

Не менш поширеним варіантом орного агрегату, що працює за принципом push-pull, є застосування трикорпусного фронтального знаряддя. Обираючи співвідношення між кількістю фронтальних і задніх корпусів плуга, враховують той факт, що стійкість руху в горизонтальній площині агрегату за схемою 2+4 може бути вищою, ніж у агрегатів за схемами 2+3 або 3+4.

Автори цієї роботи вважають, що для

кращої керованості руху МТА тяговий опір передньонавісного плуга не має перевищувати 40% загального тягового опору орного агрегату.

Ще не так давно вчені пострадянського простору проводили дослідження, метою яких було створення орного агрегату з принципом дії push-pull. Як виявилось, за неправильного приєднання фронтального орного знаряддя може мати місце не довантаження, а, навпаки, розвантаження передніх керованих коліс енергетичного засобу з неминучою втратою стійкості та керованості руху всього машинно-тракторного агрегату.

З цієї причини деякі вчені дійшли висновку, що фронтальне агрегування можна запроваджувати лише для малоенергоємних машин/знарядь. Інші дослідники вважали перспективнішим напрямом реалізацію принципу роботи push-pull на базі лише інтегральних енергетичних засобів з однаковими колесами, у яких на передні рушії припадає близько 60% їхньої експлуатаційної маси.

В Україні науковці Таврійського державного агротехнологічного університету розробили новий орний агрегат, який працює за принципом push-pull. Його енергетичною базою є вітчизняний орно-просапний трактор серії ХТЗ-160:

Таблиця 1. Трудоемність агрегування фронтального плуга

Назва операції	Затрати праці й часу, люд-год
Приєднання плуга (два механізатори)	
1. Під'їзд трактора до плуга (з відстані 5 м)	0,003
2. Приєднання нижніх тяг навісного механізму трактора	0,060
3. Приєднання центральної тяги навісного механізму трактора	0,015
4. Установка опори плуга в транспортне положення	0,001
5. Блокування нижніх тяг навісного механізму трактора	0,063
РАЗОМ	0,142
Від'єднання плуга	
1. Розблокування нижніх тяг навісного механізму трактора	0,050
2. Установка опори плуга в робоче положення	0,001
3. Від'єднання центральної тяги трактора	0,019
4. Від'єднання нижніх тяг навісного механізму трактора	0,040
РАЗОМ	0,110

він має жорстку раму, однакові за розміром колеса, передні з яких — керовані. На передній навісний механізм цього трактора навішують розроблений в цьому самому університеті двокорпусний плуг під маркою ПЛН-2-35.

Як уже згадувалося вище, у закордонних фронтальних плугів опорне колесо розміщується в борозні, причому надійне переміщення цього колеса борозною можливе лише за умови чистоти її дна. Як показує багаторічна практика, в ґрунтових умовах Півдня України таке трапляється досить рідко. Найчастіше на дні борозни попереднього проходу орного агрегату залишаються брили ґрунту діаметром у середньому 10–12 см. Оскільки в період проведення оранки вологість ґрунту може не перевищувати 10–12%, то міцність таких брил досить суттєва. Тож найдждання фронтального колеса на таку перешкоду спричинює вимілювання фронтального плуга. Цілком зрозуміло, що якість оранки в такому разі не може задовольняти агротехнічним вимогам. Із урахуванням цих особливостей наші дослідники запропонували опорне колесо фронтального плуга (зокрема — ПЛН-2-35) розташовувати поза борозною, тобто на необробленому полі.

■ **Водночас винесення зазначеного колеса за межі борозни породжує проблему стійкості руху передньо-навісного орного знаряддя в горизонтальній площині за його шарнірного приєднання до енергетичного засобу.** Без опори фронтальний плуг може зайняти крайнє (ліве чи праве) відхилене положення і потім не вийти з нього. Цілком зрозуміло, що подальша робота орного агрегату в такому разі практично неможлива. Для усунення цього недоліку було запропоновано (з відповідним науковим

Таблиця 2. Умови проведення експлуатаційно-технологічної оцінки орних МТА

Показник	Значення
Тип ґрунту	Темно-каштановий
Рельєф	Рівний
Мікрорельєф	Вирівняний
Агротехнічний фон	Стерня соняшнику
Вологість ґрунту в шарі 0-30 см, %	13-14
Щільність ґрунту в шарі 0-30 см, г/см ³	1,26-1,29
Кількість бур'янів, г/м ²	95

обґрунтуванням) жорстке приєднання фронтального плуга до трактора.

Взагалі однією із найважливіших характеристик будь-якого машинно-тракторного агрегату є трудоемність його агрегування, яке полягає в під'їзді енергетичного засобу до сільськогосподарського знаряддя та проведенні всіх потрібних технічних маніпуляцій із його приєднання. Проблем в агрегуванні фронтального плуга з трактором серії ХТЗ-160 не виявлено. Черговість його приєднання до енергетичного засобу для агрегування задньонавісного орного знаряддя може бути довільною. Аналіз експериментальних даних засвідчив, що два механізatori на приєднання фронтального плуга до трактора ХТЗ-160 витрачали не більше ніж 9 хв (табл. 1). Від'єднання зазначеного знаряддя тривало не більше як 7 хв. На приєднання та від'єднання задньонавісного плуга обидва механізatori витрачали практично стільки ж часу. Тобто в цілому для агрегування орно-просапного трактора ХТЗ-160 із фронтальним і задньонавісним плугами двом виконавцям потрібно не більше як 16 хв.

Експлуатаційно-технологічні польові випробування проходили орні агрегати, налагоджені за двома схемами: 2+4 і 0+5. Відповідно до першої з них трактор серії ХТЗ-160 агрегували із фронтальним плугом ПЛН-2-35 і зад-

ньонавісним чотирикорпусним орним знаряддям ПЛН-4-35. Відповідно до другої — той самий трактор використовували лише із задньонавісним п'ятикорпусним плугом марки ПЛН-5-35.

■ **Справа в тому, що застосування шестикорпусного плуга із вказаним енергетичним засобом призводить до буксування останнього на рівні понад 20%.** А це є небажаним (навіть неприпустимим!) з погляду високих питомих витрат палива трактором, інтенсивного спрацювання протекторів його шин і, найголовніше, з позиції негативного впливу рушіїв енергетичного засобу на структуру (а значить, і на родючість) ґрунту.

Порядок роботи нового орного агрегату під час роботи на полі був таким. Коли перед в'їздом на поворотну смугу край польової дошки другого (тобто крайнього) корпусу фронтального плуга виходив на контрольну лінію, механізатор піднімав його у транспортне положення і продовжував прямолінійний рух МТА доти, доки на контрольну лінію не виходив край польової дошки останнього корпусу задньонавісного знаряддя. Після цього механізатор виконував поворот орного машинно-тракторного агрегату.

За використання плугів типу ПЛН-5-35 (та подібних) зазвичай на оранці застосовують загінний спосіб обробітку ґрунту. Перший прохід МТА у такому разі виконують у згінний або в розгінний спосіб. Для запобігання утворенню згінних/розгінних борозен використовують методику руху, ґрунтовно описану в спеціальній літературі. Однак за обох варіантів кілька перших поворотів агрегату мають «грушоподібну» форму. Їх, як і подальші повороти, виконують на розворотній смузі.



Організувавши робочі польові машини, протягом трьох контрольних днів проводили хронометражні спостереження за роботою порівнюваних орних МТА. Обидва машинно-тракторні агрегати функціонували на зазначеному фоні з характеристиками, відображеними в табл. 2.

Плуги нового та базового агрегатів були відрегульовані на глибину оранки 25 см. Для запобігання впливу суб'єктивного фактора на обох орних агрегатах по чергово працював один і той самий механізатор.

Аналіз отриманих даних показав (табл. 3), що застосування орного агрегату за схемою 2+4 порівняно з агрегатом за схемою 0+5 дало змогу збільшити робочу ширину захвату на 28%. Швидкість робочого руху в нового МТА була меншою лише на 4%. У підсумку основна (чиста) продуктивність агрегату за схемою 2+4 на 16,5% більша, ніж МТА за схемою 0+5.

Коефіцієнти використання змінного часу (τ) в обох МТА практично однакові. Отримана різниця значень τ суто випадкова.

Затрати часу на усунення технічних збоїв у обох порівнюваних агрегатах практично теж однакові, про що свідчать майже рівнозначні коефіцієнти використання експлуатаційного часу (табл. 3).

Крім підвищення продуктивності роботи, застосування нової схеми орного агрегату забезпечило ще й економію витрат палива. В умовах

експлуатаційно-технологічної оцінки вона становила 12,2%. Такого результату вдалося досягти як завдяки вищій продуктивності машинно-тракторного агрегату за схемою 2+4, так і, на нашу думку, шляхом повнішого завантаження двигуна трактора ХТЗ-160.

Що стосується якісних показників роботи, то в обох порівнюваних орних агрегатах вони (за винятком стандарту коливань глибини оранки) практично однакові. З імовірністю 95% можна стверджувати, що різниці між середніми значеннями глибини оранки, а також між середніми квадратичними відхиленнями ширини захвату носять суто випадковий характер.

Середнє квадратичне відхилення глибини оранки в нового агрегату дорівнювало ± 1,65 см, а в базового ± 1,98 см (табл. 3). Така різниця є суттєвою і свідчить на користь першого з них. Пояснюється це так. Схему нового орного агрегату можна подати у вигляді такого, достатньо «гнучкого» в поздовжньо-вертикальній площині, ланцюга: «фронтальний плуг — передній навісний механізм трактора — трактор — задній навісний механізм трактора — задньо-навісний плуг». Схема базового МТА передбачає значно коротший ланцюг: «трактор — задній навісний механізм трактора — задньо-навісний плуг».

Як бачимо, орний агрегат за схемою 2+4 довший, ніж машинно-тракторний агрегат за схемою 0+5. Але наявність у

його схемі двох навісних механізмів трактора, які під час робочого руху МТА перебувають у «плаваючому» положенні, забезпечує точніше копіювання фронтальним та задньо-навісним плугами поздовжнього профілю поля. Натомість збільшення довжини орного агрегату за схемою 2+4 призвело до розширення поворотної смуги. Але, як свідчать результати польових досліджень (табл. 3), збільшення її ширини не перевищує 7%.

Із наведеного вище аналізу випливає, що застосування орних агрегатів із передньо- та задньо-навісними плугами є актуальним і перспективним.

Закордонна та вітчизняна практика випробувань і експлуатації таких МТА дала змогу виявити низку їхніх переваг, зокрема:

- ◆ збільшення конструктивної ширини захвату, а значить, і продуктивності роботи. Це стало можливим завдяки підвищенню тягового зусилля енергетичного засобу, зчіпна маса якого збільшується внаслідок взаємодії із фронтальним знаряддям;
- ◆ економія витрат палива шляхом зменшення буксування рушіїв трактора завдяки зростанню його зчіпної маси за агрегування із фронтальним плугом;
- ◆ зменшення металоємності порівняно з орним машинно-тракторним агрегатом, зчіпна маса якого збільшується шляхом механічного баластування енергетичного засобу.

До недоліків орних агрегатів із принципом роботи push-pull слід віднести такі:

- ◆ збільшення кінематичної довжини агрегату, що потенційно може призвести до зростання (зазвичай — незначного) ширини поворотної смуги та невиробничих затрат часу, пов'язаних із поворотами орного МТА;
- ◆ напруженіший режим роботи механізатора, зумовлений потребою стежити за роботою як заднього, так і переднього плугів.

Але практика показує, що зазначені недоліки насправді є несуттєвими. З огляду на це сільгоспвиробники України за наявності вітчизняного трактора серії ХТЗ-160 і машинобудівних підприємств, здатних налагодити випуск фронтальних плугів типу ПЛН-2-35, мають реальну перспективу застосовувати на своїх ланах ефективні орні агрегати, що працюють за принципом push-pull (штовхай-тягни). ■

Таблиця 3. Експлуатаційно-технологічні показники роботи порівнюваних орних МТА

Показник	Схема МТА	
	2+4	0+5
Облад МТА: трактор	ХТЗ-160	
Плуг	ПЛН-2-35+ПЛН-4-35	ПЛН-5-35
Резим роботи:		
- ширина захвату, м	2,15	1,78
- швидкість робочого руху, км/год	7,2	7,5
- встановлена глибина оранки, см	25	25
- довжина гону, м	1150	
Продуктивність роботи, га/год.:		
- основного часу	1,55	1,33
- змінного часу	1,33	1,13
- експлуатаційного часу	1,30	1,10
Середні витрати палива, кг/га	14,4	16,4
Експлуатаційно-технологічні коефіцієнти:		
- використання змінного часу (τ)	0,86	0,85
- використання експлуатаційного часу	0,84	0,83
- надійності технологічного процесу	0,99	0,99
- використання робочих ходів	0,90	0,93
- ширина поворотної смуги, м	32,1	30,1
Агротехнічні показники:		
- середнє значення глибини оранки, см	25,7	26,0
- рівномірність глибини оранки, ±	1,65	1,98
- рівномірність ширини захвату, ±	6,8	6,3
- наявність огривів	Немає	