

## ОСНОВИ СТВОРЕННЯ ПЛУЖНИХ КОРПУСІВ ЗА ВИМОГАМИ АГРОУМОВ ПОЛІССЯ

*Найбільш енерговитратним процесом у вирощуванні різних культур є основний обробіток ґрунту – оранка. Створення нових плужних поверхонь і нових перерізів борозни є дуже важливим питанням, яке сприятиме різкому покращенню якості обробки – зниженню матеріальних витрат.*

Використання плугів узагалі в умовах Полісся дещо ускладнюється у зв'язку з характерними ґрунтовими умовами. Однією з головних складностей є те, що оброблювані площі мають досить невеликі розміри і складну форму. Вони часто розташовані на похилих берегах річок і ярів. У таких місцях обробка ґрунту ускладнюється тим, що не можна орати в складок чи в огонь, а потрібно обертати його тільки в один бік, вгору по схилу. Обробка ґрунту звичайними плугами в таких місцях ускладнена тому, що рух агрегату по колу часто не можливий. Тому постає питання про використання поворотних і оборотних плугів.

### Постановка проблеми

Існуючі поворотні плуги різних моделей мають ряд досить важливих недоліків. Через свої конструктивні особливості існуючі плуги не в повному обсязі забезпечують агротехнічні вимоги, а також призводять до часткового руйнування агрономічно цінних структур ґрунту. Крім цього, вони мають ряд конструктивних недоліків: велику металоємкість, підвищений центр ваги. Ці недоліки обумовлюють погану рівномірність руху агрегату, ускладнення управління й іноді зниження економічної ефективності.

Постало питання про розробку нових оборотних і поворотних плугів з іншими конструкціями і профілями робочих поверхонь, які б змогли забезпечити більш високу якість обробки ґрунту за основними агротехнічними показниками і підвищити економічність експлуатації машин і агрегатів.

### Аналіз останніх досліджень та постановка завдання

Сьогодні в нашій країні і за її межами використовують багато моделей оборотних плугів. Усі вони мають схожі конструкції. Відносно рами розміщені дзеркально виготовлені плужні корпуси. Конструкції цих корпусів частіше всього повністю повторюють конструкції корпусів, використовуваних на звичайних плугах. Методи розробки нових плужних корпусів останнім часом зводяться до копіювання більш вдалим конструкцій існуючих плугів. Головним чином змінюється конструкція під можливості заводу-виробника. Нині проблема в тому, що виробники втратили зв'язок з агрономами й оранка іноді не поліпшує, а навіть погіршує якість обробки ґрунту.

Ми поставили перед собою завдання проаналізувати роботу існуючих конструкцій плужних корпусів. Нами були розроблені, виготовлені й випробувані два плужних корпуси – поворотний і обертовий (рис. 1, 2). Обидві конструкції захищені патентами України на винахід [6, 7]. Ці плужні корпуси повністю відмінні від існуючих у нашій країні і за кордоном. Випробування проводились на різних ґрунтах у порівнянні з плужним корпусом, який більш масово використовують у сільському господарстві, – «Культурним» (рис. 3). Перші випробування одразу показали істотні відмінності в роботі експериментальних плужних корпусів і «Культурного» корпусу.

### Об'єкт досліджень

Процес роботи, конструкційні та технологічні параметри двосторонніх поворотних і обертових плугів, адаптованих до ґрунтово-кліматичних умов Полісся України, описаних вище. Динаміка агротехнологічних показників обробки орного шару в процесі взаємодії робочого органа з оброблюваним профілем ґрунту.



Рис. 1. Корпус плуга поворотний [7]



Рис. 2. Корпус плуга обертовий [6]



Рис. 3. Корпус плуга «Культурний»

Головна відмінність розроблених нами плужних корпусів від «Культурного» в тому, що наші корпуси вирізують скибу, як тепер називають «Ромбоподібну», а звичайні корпуси формують скибу прямокутної форми. Стінка борозни після проходу експериментальних корпусів залишається складної форми. Поверхня зораної площі після проходу експериментальних корпусів є досить гладкою. Традиційні ж корпуси залишають після своєї роботи гребенисту поверхню.

Аналіз робочого процесу і параметрів розроблених конструкцій двосторонніх поворотних [7] і обертових [6] плугів у порівнянні з класичним плужним корпусом «Культурним» проводився з використанням аналітичних основ землеробської механіки і теоретичних основ пружно-в'язко-пластичного руйнування ґрунтового середовища з урахуванням його напружено-деформованого стану.

Експериментальні дослідження проводяться в лабораторно-польових умовах з використанням експериментального обладнання, дослідних зразків розроблених плужних корпусів.

Найбільш близьким прототипом оборотного плуга став плуг ПО-23, інших аналогів ми не знайшли.

Оцінка якості роботи плуга проводилась за кількома параметрами. Програма оцінки якості роботи плуга розроблена ще на початку ХХ століття [1].

Для вивчення явищ, які відбуваються в ґрунті під час оранки, були потрібні методи, які дозволили б об'єктивно оцінити всі процеси і порівняти роботу різних корпусів. Наявні методи досліджень не завжди дають вичерпну інформацію про явища, які спостерігаються.

Для початку перевірка й уточнення конструкційних і технологічних параметрів проводилася з використанням моделі-імітатора ґрунтового каналу. Модель-імітатор виконана у вигляді металевого жолоба з розміщеною в ньому реологічною моделлю ґрунту. Для цього експерименту були виготовлені моделі плужних корпусів у масштабі 1:10. Цей метод розроблений і описаний в дисертаційній роботі КТН С.М. Кухарця [3].

Першим питанням було взяття проб ґрунту з борозни. Для цього було виготовлено спеціальне пристосування [2].

При дослідженні роботи сільськогосподарських машин (зокрема ґрунтообробних знарядь і плугів) одне з перших місць займає вивчення опору, який створює машина при роботі (часто результати такого дослідження стають основою вибору тієї чи іншої машини), робота в умовах ґрунтової різниці, вологості, засміченості і т. д.

Опір знаряддя ми визначали з діаграм, знятих під час руху за допомогою динамометра, оснащеного самописним пристроєм (динамографом), включеним у тяглову ланку механізму. Маючи на увазі, що такого самописного пристрою не існує, нами був розроблений динамограф, і ця конструкція захищена патентом України на винахід [8]. Використавши

результати, отримані за допомогою динамографа, були побудовані графіки. На них чітко видно, що опір всіх трьох корпусів приблизно однаковий.

Враховуючи те, що площа робочої поверхні корпусів різна, тобто площа поворотного [7] корпусу найменша, а площа обертового [6] корпусу найбільша, можна стверджувати, що в обертового [6] корпусу плуга опір найменший. Стабілізація руху корпусів теж різна за часом. У контрольного «Культурного» корпусу стабілізація руху настає через 1,5 с, у поворотного [7] корпусу – за 1 с, а в обертового [6] – через 0,5 с.

Всі вимірювання проводились паралельно з вимірами твердості ґрунту і взяттям проб на вологість на трьох різних глибинах у діапазоні глибини оранки.

Для вивчення перемішування і обертання ґрунту ми підготували ділянку. Шари ґрунту по глибині ми розділили прошарками сухої фарби різних кольорів завтовшки приблизно 1 см [2].

Після обробки ділянки зробили зріз скиби, і чітко стало видно характерне розміщення кольорових прошарків.

В порівнянні з контрольним плужним корпусом поворотний корпус показав кращий результат, а обертовий виявився найкращим.

Виникла потреба вивчити більш детально рух часток ґрунту при обробці. Ми використали метод, відомий ще на початку ХХ століття. Його суть у тому, що в стінку борозни перпендикулярно руху знаряддя на різних глибинах вставляють гіпсові або борошняні стрижні. Потім по уламках стрижнів визначають переміщення часток ґрунту [2].

Трохи змінивши зазначений метод, ми використали замість борошняних стрижнів тонкі макаронні вироби типу «Спагетті», розфарбувавши стрижні по довжині в різні кольори. Це дозволило легше визначати місце і положення уламків стрижнів. Маючи на увазі, що ці стрижні дуже ламкі, при плечі 2 см зусилля руйнування 60 г з'явилася можливість виміряти зусилля, які виникають всередині шару ґрунту біля робочої поверхні.

При роботі контрольного корпусу стрижні сильно ламалися і переміщувались вперед.

При роботі поворотного [7] корпусу на глибині, яка дорівнює половині глибини оранки, стрижні залишилися цілими, повернутими на 180° і сильно переміщеними вперед. На інших глибинах стрижні ламалися на 2–3 частини.

При роботі обертового [6] корпусу стрижні залишалися цілими на всіх глибинах, зміщувалися вперед і розміщувалися майже вертикально.

Для класичних плужних корпусів існує жорстка залежність глибини оранки від ширини захвату  $\leq 1,27$  [4]. Для обертового [6] плужного корпусу ця залежність не важлива. Якість обробки при різних глибинах залишалася незмінною. При цьому виявилось, що при збільшенні ширини захвату в 1,5 раза, опір зріс на 15 %.

Якість рихлення є теж одним з найважливіших показників роботи плугів.

Обертовий [6] плужний корпус показав краще рихлення – фракції 2, 4, 6 дають найбільший відсоток грудок і найменший відсоток пилу. Плуг поворотний [7] дає загальне рихлення на 6 % менше за обертовий [6]. Контрольний дає найменший відсоток рихлення, найбільший відсоток грудок (23,6 %) і 9 % пилу.

Шпаруватість є другою головною вимогою до роботи плугів. Ми визначали шпаруватість, заливаючи ґрунт швидко застигаючим розчином гіпсу. Після застигання розрізали його і робили шліф [2]. Потім визначали шпаруватість за площею світлих плям. Спосіб визначення шпаруватості ґрунту захищений патентом України на винахід [5].

Для контрольного корпусу шпаруватість становила 10,9 % від площі розрізу.

Для поворотного [7] шпаруватість становила 11,2 % від площі розрізу.

Для обертового [6] шпаруватість становила 22,8 % від площі розрізу.

Гребнистість поверхні ґрунту – побічний показник якості обробки і кришення.

Ми визначали гребнистість методом згідно з ГОСТом 26244-84.

Для контрольного корпусу гребнистість становить 22 %.

Для поворотного [7] гребнистість становить 7 %.

Для обертового [6] гребнистість становить 6 %.

Спираючись на результати даного дослідження, можна констатувати, що після роботи експериментальних плужних корпусів у порівнянні з контрольним гребнистість набагато менша у відсотковому вигляді.

Для того, щоб побачити, що відбувається в шарі ґрунту біля робочої поверхні плужного корпусу, була використана комп'ютерна програма Solid Works 2008. Ця програма дозволяє у вигляді анімації з урахуванням багатьох параметрів побачити рух часток ґрунту з зазначенням за допомогою різних фарб величин параметрів, які ми вивчаємо в даний момент. Ця програма показала, що при випробуванні контрольного плужного корпусу тиск біля робочої поверхні різко підвищується, особливо в деяких місцях. У реальних умовах в цих місцях відбувається інтенсивне зношування робочих поверхонь.

Під час випробування обертового [6] плужного корпусу тиск біля робочої поверхні різко знижується. Швидкість часток ґрунту теж різко зменшується.

### **Висновки**

Результати аналізу теоретичних досліджень і практичних експериментів свідчать, що використання поворотних і обертових плугів у системі основної обробки ґрунту в умовах Полісся України може дати істотний економічний ефект. Особливо це помітно при використанні цих плугів, але зі змінами ряду основних параметрів. Випробування розроблених нами конструкцій поворотного [7] й обертового [6] корпусів підтвердили

теоретичні припущення про те, що, змінивши переріз борозни, можливо різко змінити якість обробки ґрунту.

Агротехнічні показники роботи вище зазначених плугів різко відрізняються від показників роботи контрольного «Культурного» плужного корпусу.

Поверхня ґрунту після використання експериментальних плужних корпусів рівна, без гребенів, з добре заробленими рештками рослин.

Динамометрування теж показало переваги експериментальних корпусів перед традиційними.

Дослід з борошняними стрижнями говорить про те, що всередині скиби створюються умови, які не шкодять фауні, що є корисною. При цьому максимально розпушується ґрунт.

Явища, виявлені під час використання комп'ютерної програми Solid Works, наявно демонструють те, що зниження тиску і швидкості поблизу робочої поверхні плужного корпусу веде до істотного зниження зношування деталей, а значить, може дозволити більш довгу експлуатацію машини без ремонту. Тільки це зможе заощадити значні кошти, не кажучи про екологічні переваги.

Вище наведене дозволяє зробити висновок, що плужні корпуси зі складним перерізом борозни дозволяють скоротити кількість проходів при підготовці ґрунту до сівби.

Це твердження говорить про економічний зиск, особливо якщо підвищити захват агрегату без істотного підвищення опору.

### **Перспективи подальших досліджень**

Наші дослідження доводять необхідність додаткових регулювань у конструкції плужних корпусів, необхідність регулювати точку прикладання сили відносно точки бокового опору в залежності від конкретних умов роботи агрегату. Подальші дослідження слід зосередити на вивченні явищ, пов'язаних з утворенням хвиль у ґрунті, і, як результат, підвищеного зносу робочих поверхонь плугів.

### **Література**

1. Известия бюро по сельскохозяйственной механике – С. Петербург, 1911. Год III Выпуск второй. – С. 277–278.
2. Известия бюро по сельскохозяйственной механике – С. Петербург, 1914, – Год VI выпуск третий. – С. 12–65.
3. *Кухарець С.М.* Обґрунтування процесу роботи та параметрів ротаційно-лопатевого робочого органу ґрунтообробного знаряддя: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11. / *С.М. Кухарець.* – Житомир, 2003. – Розд. 3.2.
4. *Полевицкий К.А.* Сельскохозяйственные машины и орудия / *К.А. Полевицкий* – М.; Ленинград: Сельхозгиз, 1940. – С. 57–58.

5. Пат. 84647 Україна, МПК G01N 33/24, G01N 15/08, G01N 1/00. Спосіб визначення шпаруватості ґрунту / *В.Г. Дідора, Г.Р. Мерцедін, В.В. Тишковський*; заявник і патентовласник Держ. вищий навч. заклад «Держ. агрокол. ун-т». – № а 2007 04196; заявл. 16.04.2007; опубл. 10.11.2008, Бюл. № 21.
6. Пат. 84932 Україна, МПК A01B 3/00. Корпус плуга Мерцедіна обертовий / *Г.Р. Мерцедін*; заявник і патентовласник Держ. вищий навч. заклад «Держ. агрокол. ун-т». – № а 2006 13414; заявл. 18.12.2006; опубл. 10.12.2008, Бюл. № 23.
7. Пат. 86757 Україна, МПК A01B 3/00. Плуг поворотний Лося-Мерцедіна / *Л.В. Лось, Р.М. Мерцедін, Г.Р. Мерцедін*; заявник і патентовласник Житомир. нац. агрокол. ун-т. – № а 2005 06597; заявл. 05.07.2005; опубл. 25.05.2009, Бюл. № 10.
8. Пат. 87252 Україна, МПК G01L 1/00. Динамограф / *Г.Р. Мерцедін*; заявник і патентовласник Житомир. нац. агрокол. ун-т. – № а 2008 11532; заявл. 25.09.2008; опубл. 25.06.2005, Бюл. № 12.