

ВИЗНАЧЕННЯ ТЯГОВОГО ОПОРУ ВДОСКОНАЛЕНОГО ПЛОСКОРІЗНОГО ПЛУГА ЗАСОБАМИ ЦИФРОВОГО ПРИЛАДУ АЦП.ТЕНЗО – 002.000.00 НА ҐРУНТОВОМУ КАНАЛІ БГК. УНУС – 01.10

О. Б. МЕЛЕНТЬЄВ¹, кандидат педагогічних наук

О. С. ПУШКА², кандидат технічних наук

А. А. ГОЛОВАТЮК², кандидат сільськогосподарських наук

А. В. ВОЙТІК², кандидат технічних наук

¹ Уманський державний педагогічний університет ім. Павла Тичини

² Уманський національний університет садівництва

Наведено результати дослідження тягового опору плоско різного плуга. Одним з шляхів зменшення опору руху плуга є покращення геометричних параметрів кожного окремого робочого органа. Аналіз конструкцій таких плугів виявив цілий ряд недоліків. Обґрунтовано методика визначення тягового опору удосконаленого плоскорізного плуга із використанням цифрового приладу, що дало можливість більш точніше визначити показники тягового опору, порівняно із аналоговими, застосувати бездротову акумуляторну систему живлення приладів на ґрунтовому каналі БГК. УНУС-01.10.

Ключові слова: методика, тяговий опір, цифровий прилад, ґрунтовий канал, культиватор-плоскоріз.

Вступ. Перспективним напрямком удосконалення обробки ґрунтів є використання нових способів впливу на ґрунт у комбінації із традиційними робочими органами. Удосконалення робочих органів ґрунтообробних машин зменшує тенденцію до збільшення сумарної потужності тракторів під час операцій обробки ґрунту. Виходячи із цього, опір ґрунтів різанню може бути знижений шляхом впливу на одну із зазначених складових, або шляхом комплексного впливу на ряд з них. Поставлена мета, за переконаннями сучасних дослідників цього питання досягається за рахунок гідродинамічної досконалості конструкцій ґрунтообробних робочих органів, що зменшує тяговий опір ґрунтообробних агрегатів, та застосуванні полімерних і антифрикційних покриттів, ефекту вібрації, газодинамічного або гідродинамічного впливу, електрофізичних способів і їх комбінації, застосуванням газової або рідинного змащення робочих поверхонь [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Обробка ґрунтів плугами різних сучасних конструкцій характеризується значним їхнім розворотом убік поля, що приводить до порушення геометрії робочих органів у процесі роботи й зниженню якості обробки ґрунту. При цьому тяговий опір плугів суттєво зростає, польові дошки плужних корпусів отримують надлишкові шкідливі навантаження, на їхніх опорних поверхнях виникає сила тертя, для подолання якої затрачається до

17 % загальної величини тягового опору плуга. Також загальноприйнятою є думка, що тяговий опір ґрунтообробного агрегату складається з корисних і шкідливих опорів його робочих органів. Величина корисних опорів залежить від розмірів і геометричних форм застосованих робочих органів, а також від їх фрикційних властивостей при обробці ґрунту і від ступеня зношування лез робочих органів, та навантаження на опорні колеса рушія, візка робочих органів, а також опору їх перекочуванню [1–6].

Метою статті є експериментальне визначення тягового опору засобами сучасних цифрових технологій на основі використання цифрового приладу АЦП.ТЕНЗО – 002.000.00, із системою тензодатчиків.

Методика досліджень. Сучасна методика визначення тягового опору, вдосконаленого плоскорізного плуга підвищеної стріловидності із обтічною стійкою, та долотоподібним носком базується на використанні цифрового приладу АЦП.ТЕНЗО – 002.000.00 розробленого на кафедрі «Мехатроніки і деталей машин» ХНТУСГ ім. Петра Василенко під керівництвом доктора технічних наук, професора, завідувача кафедри Антощенкова Р. В. із колективом співавторів: кандидата технічних наук, професором кафедри «Трактори і автомобілі» ХНТУСГ ім. Петра Василенко В. Н. Антощенкова, та старшого викладача кафедри «Мехатроніки і деталей машин» ХНТУСГ ім. Петра Василенко [7].

Визначення тягового опору удосконаленого плоскорізного плуга підвищеної стріловидності із обтічною стійкою із використанням цифрового приладу АЦП.ТЕНЗО – 002.000.00 проводилось на ґрунтовому каналі БГК. УНУС – 01.10, (БГК – Бездротовий ґрунтовий канал, УНУС – Уманського національного університету садівництва, 01. – перша модель серії, 10 – довжина 10 метрів), який був розроблений та виготовлений колективом кафедри агроінженерії Уманського національного університету садівництва, авторами цієї статті.

Результати досліджень. Будова ґрунтового каналу бездротового ГКБ. УНУС – 01.10 та підключення обладнання показана на рис. 1–5. Канал являє собою прямокутну металеву ємність протяжністю 10 м, армовану зсередини і яку заповнюють ґрунтом з необхідними складом, твердістю та іншими фізико-механічними властивостями. У верхній частині каналу встановлені рейки, виготовлені з металевих труб. На рамі встановлюється тягова станція, що включає в себе привід переміщення візка і пульт управління робочими елементами ґрунтового каналу. Тягова станція забезпечена двигуном потужністю 2,5 кВт, підключеного через автотрансформатор, клиноремінну передачу і черв'ячний редуктор. Дана конфігурація приводу тягової станції дозволяє забезпечити поступальну швидкість візка в інтервалі від 0,5 до 10 км/ч.

Візок на шасі, де встановлюється апаратура (рис. 1.) рухається по рейках каналу має: лапу культиватора-плоскорізу, який встановлюється у затискачі, до візка прикріплюється тензодатчик Zemic і до його скоби трос, а з іншої сторони візка трос зворотного ходу. Тензодатчик підключається до цифрового приладу АЦП.ТЕНЗО – 002.000.00, а живлення приладу підключають до акумулятора.



Рис. 1. Грунтовий канал бездротовий ГКБ. УНУС-01.10: 1 – візок; 2 – культиватор-плоскоріз; 3 – трос; 4 – тензодатчик Zemic, 5 – акумулятор; 6 – цифровий прилад АЦП.ТЕНЗО – 002.000.00, 7– ноутбук із програмою adctensosensor.exe, 8– рейки каналу; 9 – веб-камера; 10 – шасі.



Рис. 2. Грунтовий канал бездротовий ГКБ. УНУС – 01.10: 11– стійка ролика кінцевого вимикача; 12 – трос зворотного ходу; 13 – кріплення акумулятора.

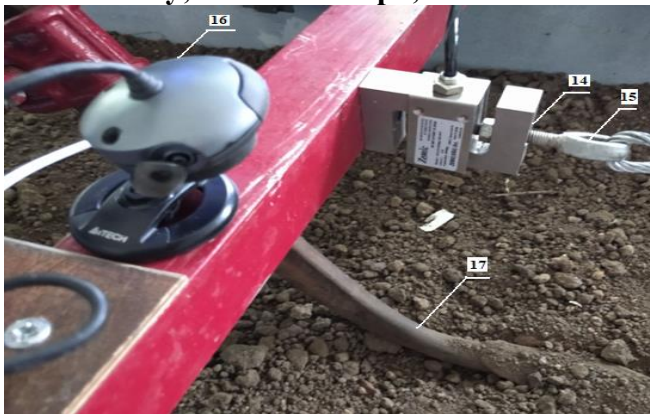


Рис. 3. Грунтовий канал бездротовий ГКБ. УНУС – 01.10: 14 – тензодатчик Zemic; 15 – болт кріплення; 16 – веб-камера; 17 – культиватор-плоскоріз.

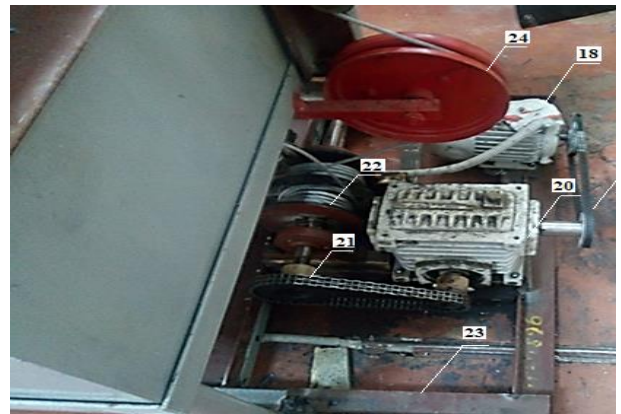


Рис. 4. Тягова станція: 18 – електродвигун, 19 – клинопасова передача, 20 – черв'ячний редуктор, 21– ланцюгова передача, 22 – барабани тягової станції, 23 – рама, 24 – шків подачі троса.



Рис. 5. Грунтовий канал бездротовий ГКБ. УНУС – 01.10, стартова позиція до початку експерименту.

До гнізда підключення кабелю USB цифрового приладу АЦП.ТЕНЗО – 002.000.00 та ноутбук із програмою adctensosensor.exe, а також веб-камера для запису у реальному часі процесу грудкоутворення.

Послідовність роботи така: вмикаємо програмне забезпечення ноутбука, запускаємо візок із апаратурою та знімаємо показники. Зворотно-поступальне переміщення візка здійснюється сталевими тросами 8 мм, які з одного боку з'єднані з рамою візка відповідно в її передній і задній частинах, а з іншого боку з барабанами тягової станції [8–10].

Цифровий прилад АЦП.ТЕНЗО – 002.000.00 ПС відноситься до вимірювального обладнання, яке призначене для виміру показників тензодатчиків (тензоланок). Обладнання має чотири диференціальні входи для тензодатчиків типу Zemic.

Підготовку до роботи необхідно проводити в такий спосіб дотримуючи наведену послідовності:

- відключити всі кабелі від обладнання;
- установити драйвер віртуального COM порту (для Windows XP, 7 – x86 (32 бітної) – *VCP_V1.4.0_Setup_x86.exe*, для Windows 7 x64 (64 бітної) – *VCP_V1.3.1_Setup_x64.exe*)
- підключити кабель живлення (USB) до роз'єму 4;
- включити кабель живлення в USB порт комп'ютера;
- через 15 секунд система буде готова до роботи.
- підключити потрібні датчики (тензодатчики) до каналів 1–4

вимірювального обладнання (рис. 7, поз. 5–8).



Рис. 6. Зовнішній вигляд тензодатчика Zemic для вимірювального обладнання

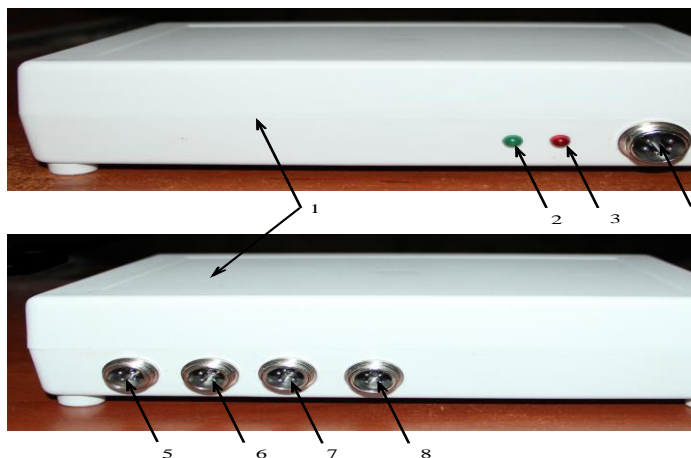


Рис. 7. Зовнішній вигляд приладу: 1 – корпус приладу; 2 – зелений світлодіод; 3 – червоний світлодіод; 4 – гніздо до підключення кабелю USB; 5–8 – гнізда для підключення тензодатчиків (канали 1–4)

Червоний світлодіод 3: моргає із частотою 1 Гц – система запускається; постійно горить – система готова до роботи. Зелений світлодіод 2: моргає із частотою 50 Гц – передача даних у ПК; горить/не горить – передачі даних немає.

Схема підключення тензодатчиків (мостова схема та схема підключення

одного тензорезистора) наведена на рис. 8.

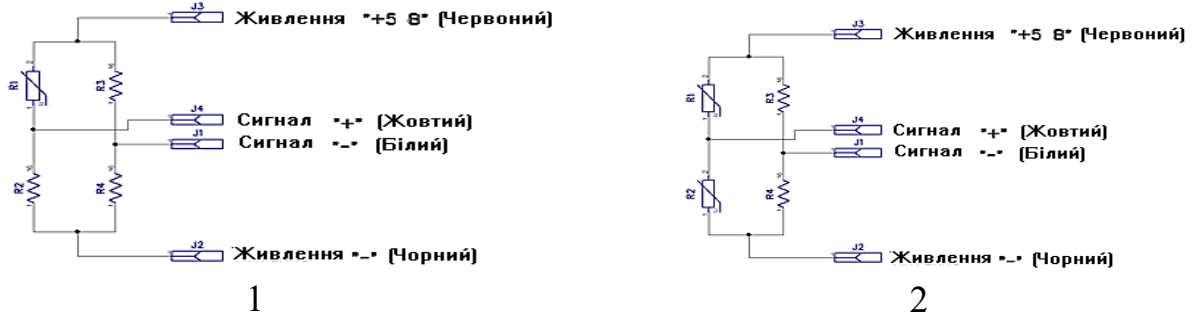


Рис. 8. Схеми підключення тензорезисторів: 1 – мостова схема (повний міст); 2 – один тензорезистор

Номінали всіх резисторів повинні бути однаковими: $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$ (1)
Роз'єм для підключення тензодатчиків має наступне підключення (рис. 9).



Рис. 9. Роз'єм для підключення тензодатчиків: 1 – живлення «- 5 В» (або земля, чорний); 2 – Сигнал «-» (білий); 3 – Сигнал «+» (жовтий); 4 – живлення «+ 5 В» (червоний)

Після підключення вимірювального обладнання до комп'ютера й підключення датчиків запускають програму *adctensosensor.exe*.

Скриншоти програми наведені на рис. 10, 11. З появою головного вікна програми *adctensosensor.exe* (рис. 11.) вибирається номер віртуального СОМ порту 1. Після чого натискається кнопка 7, яка запускає читання даних з приладу. Дані від чотирьох каналів відображаються у вигляді «прогрес бару» 2 і на графіку 3. Статус роботи програми відображено в рядку 4. Дані в текстовому виді з порту виводяться на вікно 5. Кількість даних відображуваних на екрані програми в секунду вибирається в списку, що випадає 6, (кількість відображуваних даних не залежить від кількості записуваних даних, які записують завжди фіксоване значення 50 раз у секунду).

Для запису даних у файл (наприклад, 20160402_0000.adf) потрібно натиснути кнопку 8, яка при початку запису поміняє назву на «Stop». Відповідно для зупинки запису потрібно натиснути на цю ж кнопку 8. Щоб припинити роботу програми можна кнопкою «Stop» 9. Завершення роботи програми відбувається по натисканню кнопки «Exit» 10.

Запис даних вимірів відбувається у файл із назвою у вигляді поточної дати «20220402», номер експерименту в плинні дня «_0000» і розширення «adf».

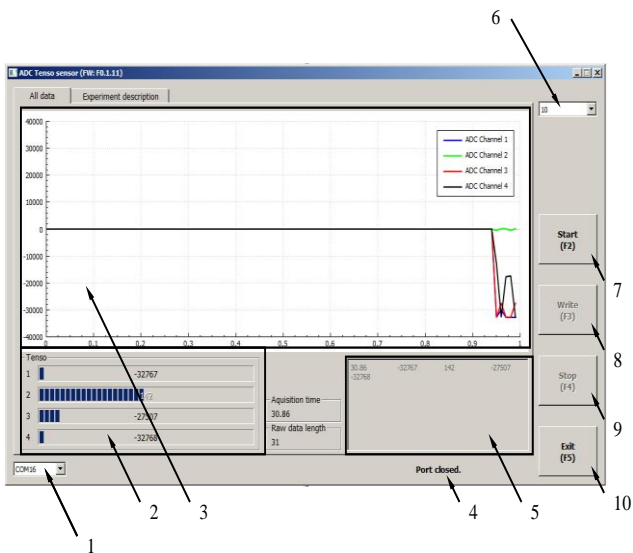


Рис. 10. Основне вікно програми: 1 – вибір СОМ порту; 2 – дані чотирьох каналів у вигляді progress bar; 3 – графік з даними; 4 – рядок статусу програми; 5 – текстові дані, одержувані з СОМ порту; 6 – вибір кількості даних відображуваних програмою в секунду на графіку; 7 – кнопка запуску; 8 – запис/зупинка запису даних у файл; 9 – зупинка програми; 10 – вихід із програми

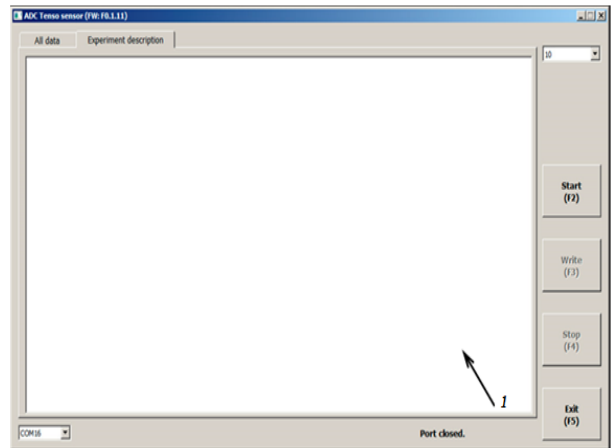


Рис. 11. Додаткове вікно програми: 1 – поле введення опису файлу даних програми *adctensosensor.exe* написано на Qt (версія 5.5, статична лінковка) під ліцензією GNU General Public License

Формат файлу даних експерименту (наприклад, 20220402_0000.adf) наведений на рис. 12.

0	1	2	3	4
55.42	-32767	-32767	-32511	-32511
55.44	-32767	-32767	-32511	-32767
55.46	-32767	-32767	-32511	-32511
55.48	-32767	-32767	-32767	-32767
55.50	-32767	-32767	-32767	-32767
55.52	-32767	-32767	-32767	-32767
55.54	-32767	-32767	-32767	-32767

Рис. 12. Формат файлу даних: 0 – час від початку запуску вимірювального обладнання в секундах; 1 – дані першого каналу АЦП; 2 – дані другого каналу АЦП; 3 – дані третього каналу АЦП; 4 – дані четвертого каналу АЦП

Роздільником даних є знак табуляції «». Кінець рядка символ переносу рядка й абзац. Дані з файлу легко імпортуються в Excel, Matlab, Mathcad і інші програми.

Дані одного каналів АЦП представляють знакові числа розмірністю 24 біта:

$$2^{24} = 16777216$$

min 0 max

Коди АЦП – 8388607 0 8388608

Напряга на вході – 78 мВ 0 +78 мВ

На рис. 10. наведене додаткове вікно програми *adctensosensor.exe*, у якому можна дати пояснення або опис кожного файлу експерименту. Формат файлу опису експерименту (наприклад, 20160402_expd.txt):

0000 > 20160402 10:47:17 – де 0000 – номер експерименту; 20160402 10:47:17 – час початку записи даних експерименту.

До початку експерименту провадять тарування приладу. Коректніше для цього приладу застосовувати термін градуювання.

Послідовність дій :

1. Збираємо стенд на якому встановлені тензодатчики.

Нам потрібно навантажити відомому для вас навантаженням цей стенд. Наприклад якщо діапазон навантажень від 0 до 1000 кг, то беремо кілька точок: 0 500 і 1000 кг.

2. Записуємо покази приладу для цих навантажень (а прилад показує коди АЦП).

3. В Excel будується залежність кодів АЦП і навантаження. excel записує для нас залежності (лінійні апроксимації).

4. Далі проводимо експеримент на ґрунтовому каналі. Записані коди АЦП переводимо по отриманих залежностях у навантаження, як описано вище.

Початковою одиницею виміру навантаження на робочий орган є умовні одиниці АЦП.ТЕНЗО які пропорційно відображають ступінь деформації тензодатчика. В стані спокою це приблизно 26 000 умовних одиниць (у. о.), при навантаженні в 5 кг. це 41 тис. у. о., при 10 кг. – 70,5 тис. у. о.

Скориставшись програмою перерахунку в системі Excel ми отримали наступну формулу переводу у. о. в кг. : $x \cdot 4,4 + 26\ 000$ [8].

З цього можемо вивести обернену формулу:

$$(x-26)/4,4 \quad (2)$$

Ми дослідили обидва зразка: стандартним культиватором-плоскорізом, на глибині 20 см. і швидкості 5 км./час. та плоскорізнний плуг підвищеної стріловидності із обтічною стійкою, та долотоподібним носком на глибині 20 см., і швидкості 5 км./час.

Після тарування приладу, ми отримали графік побудований на необроблених даних АЦП. ТЕНЗО (див. рис. 13). Графік побудований на оброблених даних де два зразки виконують однакову роботу на одному проміжку часу (вертикальна вісь навантаження в кілограмах, горизонтальна – час в мілісекундах) показано на рис. 14. На графіку видно що другий зразок менш навантажений за перший. Проведемо розрахунок, який покаже нам відсоткове співвідношення між ними.

Сума значень першого зразка – 752370,47, другого – 572046,38.

Отже: $752370,47 \text{ кг} / (752370,47 \text{ кг} - 572046,38 \text{ кг}) = 4,17 \%$.

На перший погляд це несуттєво, але якщо ми подивимось, яке в середньому навантаження приходить на робочий орган в момент часу (в даному випадку мілісекунда) ми побачимо, що це трохи більше 90кг.

$$(752370,47 \text{ кг} - 572046,38 \text{ кг}) / 2000 \text{ мс} = 90,16 \text{ кг}$$

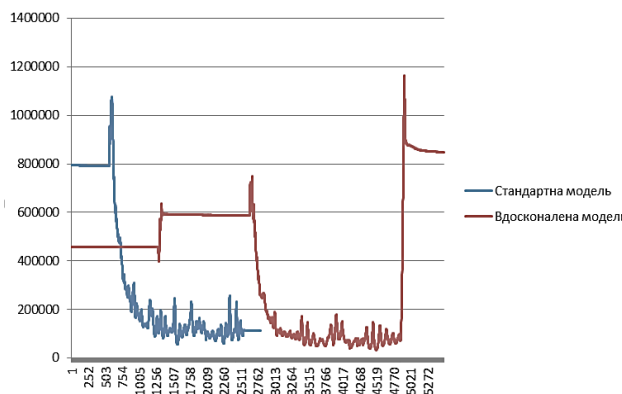


Рис. 13. Графік побудований на необроблених даних АЦП. ТЕНЗО

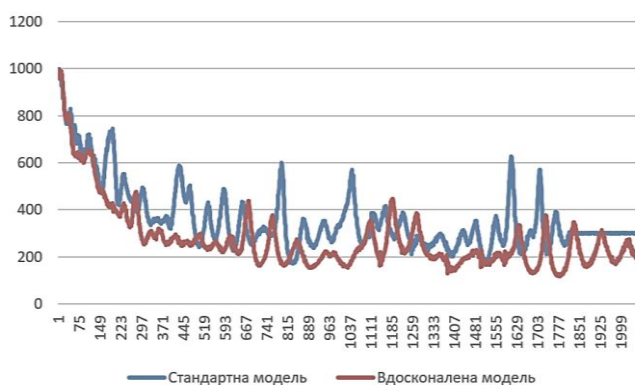


Рис. 14. Графік побудований на оброблених даних

Якщо культиватор складається із N -го числа культиваторних лап, то зменшення тягового опору буде суттєве, а значить економія пального під час обробки, та можливість використання тракторів меншого тягового класу та підвищення швидкості обробки ґрунту.

Висновки. Сучасна методика визначення тягового опору удосконаленого плоскорізного плуга, із використанням цифрового приладу АЦП.ТЕНЗО – 002.000.00 на ґрунтовому каналі БГК. УНУС – 01.10 показала, що гіпотеза дослідження, яка базувалась на положеннях законів гідродинаміки, які можуть бути застосовані для визначення сили лобового опору робочого органу, що складається із сил опору всіх його частин, отримала експериментальне підтвердження і показала підвищення ефективності удосконаленого плоскорізного плуга.

Порівняння стандартного культиватора-плоскоріза (стандартна модель) із плоскорізним плугом підвищеної стріловидності із обтічною стійкою, та долотоподібним носком (вдосконалена модель) при однакових габаритах та умовах експерименту, показало що вдосконалена модель має менший тягового опору на 4,17 %

Застосування цифрового приладу АЦП.ТЕНЗО – 002.000.00 дало можливість більш точніше визначити показники тягового опору порівняно із аналоговими, застосувати бездротову акумуляторну систему живлення приладів на ґрунтовому каналі БГК. УНУС01.10.

Література:

1. Бойко А. І., Свірень М. О., Шмат С. І., Ножнов М. М. Нові конструкції ґрунтообробних та посівних машин. Київ: Міністерство АПК України, 2003. 204 с.
2. Адамчук В. В., Булгаков В. М., Горобей В. П. Актуальні аспекти розвитку механізації дослідних робіт в рослинництві. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 10. С. 5–12.
3. Белоусов С. В., Лепшина А. І. Конструкція комбінованого лемішного плуга і дослідження його тягового опору в складі машинотракторного агрегату. *Молодий вчений*. 2015. № 5. С. 217–221.

4. Ветохін В. І. Проектування та результати випробувань робочого органу для глибокого розпушення міжрядь цукрових буряків. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосп. машин: *Загальнодержавний міжвідомчий наук. техніч. зб.* 2009. Вип. 39. С. 423–433.
5. Мелентьев О. Б., Непочатенко В. В. Обґрунтування геометричних параметрів плоскоріжучого робочого органу під час виконання технологічної операції оранки на перезволожених ґрунтах. *Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти.* 2016. Вип. 4. С. 161–171.
6. Надикто В. Т. Механіко-технологічні основи оранки. *Вісник аграрної науки.* 2012. № 4. С. 28–30
7. Паспорт-інструкція цифрового приладу АЦП.ТЕНЗО-002.000.00 ПС [уклад. Антощенкова Р. В., Антощенкова В. Н., Галич І. В.]. Харків. ХНТУСГ ім. Петра Василенка. 2019. 8 с.
8. Пастухов В. І., Скофенко С. М., Фесенко Г. В., Піскар'юв О. М., Качанов В. В. Лабораторно-польові дослідження орного агрегату з різними варіантами начіпки. *Механізація сільськогосподарського виробництва: вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка.* 2010. Вип. 93. С. 40–47.
9. Пастухов В. І., Ольшанський В. П., Фесенко Г. В., Скофенко С. М. Теоретичне дослідження кінематичного зв'язку між елементами системи «трактор – начіпний пристрій – ґрунтообробна машина» / В.І. Пастухов, *Механізація сільськогосподарського виробництва: Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка.* 2008. Вип. 75, Т. 2. С. 5–11.
10. Мелентьев О. Б., Непочатенко В. В., Пушка О. С., Головатюк А. А., Войтік А. В., Оляднічук Р. В., Кравченко В. В. Розробка вібраційного плугу-картоплекопача з активними робочими органами та шляхи покращення його експлуатаційних показників. *Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти.* 2018. Вип. 6. С. 28–48.
11. Мелентьев О. Б. Технічна творчість: навч. посіб. Умань: АЛМІ, 2021. 168 с.
12. Плоскорізний плуг підвищеної стрілоподібності із обтічною стійкою, зносостійкими кромками та прорізами, розташованими в області робочого органу: пат. 148911 Україна, МПК А01В 15/00 №u202102406; заявл. 06.05.2021; опубл. 29.09.2021, Бюл.№ 39. 4 с.

References:

1. Wojko, A. I., Sviren, M. O., Shmat, S. I., Nozhnov, M. M. (2003). New designs of tillage and sowing machines. Kyiv: Ministry APK of Ukraine, 2003. 204 p. (in Ukrainian).
2. Adamchuk, V. V., Bulgakov, V. M., Gorobej, V. P. (2016). Current aspects of the development of mechanization of experimental work in crop production. *Herald of Agrarian Science*, 2016, no. 10, pp. 5–12. (in Ukrainian).
3. Byelousov, S. V., Lepshy`na, A. I. (2015). Construction of a combined plow and research of its traction resistance as part of a machine-tractor unit. *A young scientist*, 2015, no. 5, pp. 217–221. (in Ukrainian).
4. Vetoxin, V. I. (2009). Design and test results of a working body for deep loosening between rows of sugar beets. Design, production and operation of rural economy. Machines. *All-state interdepartmental science. technician coll*, 2009, no. 39, pp. 423–433. (in Ukrainian).
5. Melentyev, O. B., Nepochatenko, V. V. (2016). Justification of the

geometric parameters of the flat-cutting working body during the technological operation of plowing on overmoistened soils. *Bulletin of the Ukrainian Branch of the International Academy of Agrarian Education*, 2016, no. 4, pp. 161–171. (in Ukrainian).

6. Nadykto, V. T. (2012). Mechanical and technological foundations of plowing. *Herald of Agrarian Science*, 2012, no. 4, pp. 28–30. (in Ukrainian).

7. Passport-instruction of digital device ATZP. TENZO-002.000.00 PS (2019). uklad. Antoshhenkova R. V., Antoshhenkova V. N., Galych I. V. Kharkiv: KNTU of Rural Economy named after Petra Vasylenko, 2019. 8 p. (in Ukrainian).

8. Pastuxov, V. I., Skofenko, S. M., Fesenko, G. V., Piskarov, O. M., Kachanov, V. V. (2010). Laboratory and field studies of a plow unit with different hitch options. *Mechanization of agricultural production. Visnyk KhNTUSH im. Petra Vasylenka – Bulletin of KNTU of Rural Economy named after Petra Vasylenko*, 2010, no. 93, pp. 40–47. (in Ukrainian).

9. Pastuxov, V. I., Olshanskyj, V. P., Fesenko, G. V., Skofenko, S. M. (2008). Theoretical study of the kinematic connection between the elements of the system «tractor – attachment – tillage machine». *Mechanization of agricultural production. Visnyk KhNTUSH im. Petra Vasylenka – Bulletin of KhNTUSG named after Peter Vasylenko*, 2008, vol. 2, no. 75, pp. 5–11. (in Ukrainian).

10. Melentyev, O. B., Nepochatenko, V. V., Pushka, O. S., Golovatyuk, A. A., Voytik, A. V., Olyadnichuk, R. V., Kravchenko, V. V. (2018). Development of a vibrating plow-potato digger with active working bodies and ways to improve its operational performance. *Bulletin of the Ukrainian branch of the International Academy of Agrarian Education*, 2018, no. 6, pp. 28–48. (in Ukrainian).

11. Melentyev, O. B. (2021). Technical creativity. Uman: ALMI, 2021. 168 p. (in Ukrainian).

12. A flat-cut plow with an increased arrow shape with a streamlined rack, wear-resistant edges and slots located in the area of the working body (2021). pat. 148911 Ukraine, IPC A01B 15/00 №u202102406; statement 06.05.2021; published 09.29.2021, Bulletin № 39. 4 p.

Annotation

Melentiev O. B., Pushka O. S., Holovatyuk A. A., Voytik A. V.

Determination of the traction resistance of the improved flat-cut plow by means of the digital device ACP.TENZO - 002.000.00 on the soil channel of the BHK. UNUS - 01.10

Goal. Justification and practical verification of the modern method of determining the traction resistance of the improved flat-cut plow by means of the digital device ACP.TENZO – 002.000.00 on the soil channel of the BHK. UNUS – 01.10 on the example of a comparison of the geometric parameters of a flat-cutting working body for the technological operation of plowing on standard soils.

The results of the conducted research formed the basis of the development of original technical solutions for the construction of tillage tools, which are protected by our patents for useful models of Ukraine. The methodology for determining the traction resistance of an improved flat-cut plow using a digital device was substantiated, which made it possible to more accurately determine traction resistance indicators, compared to analog ones, to apply a wireless battery power system for devices on the soil channel of the BHK. UNUS–01.10.

On the basis of the proposed research hypothesis, which was based on the provisions of the laws of hydrodynamics, and their application to determine the frontal resistance force of the working body, which consists of the resistance forces of all its parts, an improved model was developed and compared with a standard cultivator-flat cutter (standard model). In a comparison of a standard cultivator-flat cutter (standard model) with a flat-cut plow of increased sweep with a streamlined rack and a chisel-shaped toe with the same dimensions and experimental conditions, (improved model) showed a reduction in traction resistance by 4.17 %.

Conclusions. *A comparison of a standard cultivator-flat cutter (standard model) with a flat-cut plow of increased radius with a streamlined rack, and a chisel-shaped toe (improved model) with the same dimensions and experimental conditions, showed that the improved model has a lower traction resistance by 4.17 %. The use of a digital device ACP.TENZO – 002.000.00 made it possible to more accurately determine traction resistance indicators compared to analog ones, to use a wireless battery power system for devices on the ground channel of the ВНК. UNUS01.10.*

Key words: *technique, traction resistance, digital device, soil channel, cultivator-flat cutter.*

УДК: 633.852:631.524

DOI: 10.32782/2415-8240-2024-104-1-60-69

ОСОБЛИВОСТІ ПРОХОДЖЕННЯ ФЕНОЛОГІЧНИХ ФАЗ РОСТУ Й РОЗВИТКУ ГІРЧИЦІ БІЛОЇ ТА ЧОРНОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТА УМОВ ВИРОЩУВАННЯ

І. І. МИКОЛАЙКО, кандидат біологічних наук

Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини

Розглянуто результати досліджень щодо особливостей проходження фенологічних фаз росту й розвитку рослин гірчиці залежно від екотипу сортів та умов вирощування. Настання та проходження фенологічних фаз росту й розвитку рослин гірчиці чорної та білої і тривалість її вегетації залежать від строків сівби, погодних умов у період вегетації та сортових особливостей. Між строком сівби та появою повних сходів встановлено пряму лінійну залежність ($r = 0,97$). Залежно від сортових особливостей у проходженні фенологічних фаз росту і розвитку рослин гірчиці чорної та білої зафіксовано незначні відхилення – 1–5 діб.

Ключові слова: *тривалість вегетації, сорт, екотип, коефіцієнт кореляції, строк сівби, повні сходи.*

Вступ. Гірчиця належить до альтернативних олійних культур, здатних забезпечувати стабільні врожаї задовільної якості та успішно конкурувати на ринку сільськогосподарської продукції [1]. Насіння гірчиці використовують для виробництва харчової олії, гірчичного порошку, спирту, столової гірчиці [2], а із сирих рослин решток формують паливні пелети [3]. Гірчицю використовують як