

УДК 631.37
Інв. № 2020_02

МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
(ТДАТУ)

72312, Запорізька обл., м. Мелітополь, пр-т. Б.Хмельницького,18
тел. (0619) 42-06-94

д.т.н. _____ В.М. Кюрчев

ЗАТВЕРДЖУЮ
Ректор ТДАТУ,

«___» грудня 2020 р.

ЗВІТ
про науково-дослідну роботу

Тема «Випробування плуга з текроновими полицями»

Завідувач лабораторії:



д.т.н. Надикто В.Т.

Мелітополь – 2020

СПИСОК АВТОРІВ

Відповідальний виконавець -
завідувач лабораторії,
доктор технічних наук
(реферат, вступ, розділи



В. Надикто

(1, 2, 3, 4, висновки)

Доктор технічних наук

В. Кюрчев

(2, 3, 4, висновки)

Кандидат технічних наук

А. Аюбов

(участь у)

Кандидат технічних наук

В. Кувачов

(участь у 4)

Провідний інженер

М. Григоренко

(участь у 4)

Провідний інженер

Т. Рева

(участь у 4)

Завідувач лабораторії

С. Шило

(участь у 4)

Старший лаборант

О. Котов

(участь у 4)

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 31 с., 14 рис., 3 табл., 3 джерела, 1 додаток.

Об'єкт досліджень: орний машинно-тракторний агрегат у складі трактора загального призначення ХТЗ-170 і п'ятикорпусного плуга ПЛН-5-35, обладнаного текроновими полицями і польовими дошками.

Мета роботи: оцінка ефективності використання текронових елементів плуга (полиць і польових дощок) у порівнянні із їх стальними аналогами.

Методи досліджень.

Лабораторно-польові дослідження ефективності застосування текронових елементів плуга проводили згідно спеціально розроблених методик.

Експлуатаційно-технологічні випробування орного агрегату здійснювали із застосуванням методики, викладеної у розроблених Таврійським ДАТУ і схвалених науково-технічною радою Національного наукового центру «Інституту механізації та електрифікації сільського господарства» Національної академії аграрних наук України «Рекомендацій з експлуатаційно-технологічної оцінки сільськогосподарської техніки».

Оброблення дослідних даних здійснювали на ПЕОМ із застосуванням теорії математичної статистики.

В результаті проведених досліджень:

- визначено вплив текронових елементів плуга (полиць і польових дощок) на його тяговий опір;
- визначено величину зносу текронової полиці плуга після оброблення ним 98 га ріллі;
- здійснено визначення основних експлуатаційно-технологічних показників роботи орного агрегату, плуг якого був обладнаний текроновими полицями.

ОРНИЙ МТА, ПЛУГ, ПОЛИЦЯ, ПОЛЬОВА ДОШКА, ТЯГОВИЙ ОПІР, ЗНОС, ПРОДУКТИВНІСТЬ РОБОТИ, ВИТАРТИ ПАЛЬНОГО.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	6
2 ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ	6
3 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	7
4 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	10
4.1 Вплив текронових елементів плуга на його тяговий опір	10
4.2. Визначення величини зносу текронової полиці плуга.....	14
4.3 Експлуатаційно-технологічні показники роботи орного МТА.....	16
ВИСНОВКИ.....	18
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	19
ДОДАТКИ.....	20

ВСТУП

Одним із найбільш застосовуваних способів основного обробітку ґрунту і нині залишається полицевий, який прийнято називати оранкою. На практиці, як відомо, вона здійснюється плугами.

Не дивлячись на досить широку номенклатуру їх марок, принципових змін конструкції даних ґрунтообробних знарядь дуже мало. А із тих, що відбулися, більшість спрямована на зменшення тягового опору плугів, оскільки оранка і нині залишається найбільш енергоємною технологічною операцією обробітку ґрунту.

У даному звіті викладено результати практичної реалізації одного із способів зменшення тягового опору плуга [5]. Суть його полягає у заміні сталених полиць і польових дощок текроновими.

Текрон (tekrone) – це розроблений у Бельгії композитний матеріал на основі термопласти. Першим показником, за яким цей порівнюваний матеріал відрізняється досить суттєво від сталі, є щільність. У сталі вона щонайменше у 8 разів більша, ніж у текрону. Цілком зрозуміло, що це відповідним чином позначається на показнику нормалізованої твердості, яка у сталі теж вища. Водночас, за показниками модулів пружності та повзучості, межі текучості і відносної деформації при розтягу, зразки текрону та сталі відрізняються несуттєво.

Розглянуті вище фізико-технічні характеристики текрону в основному можуть репрезентувати довговічність і надійність функціонування виробу із нього.

Для зменшення тягового опору плуга більш важливою є така його характеристика, як коефіцієнт тертя. У нового матеріалу значина цього показника щонайменше у 2,6 рази менша, ніж у сталі. А такий факт потенційно вказує на те, що плуг, обладнаний текроновими пліцями і польовими дошками замість сталених, може мати менший тяговий опір.

З іншого боку, малий коефіцієнт тертя полиці плуга із текрону потенційно обумовлює менший її знос від контакту із оброблюваним ґрунтом. Водночас, ця гіпотеза потребує експериментального підтвердження, що і було здійснено у даній роботі.

Знос текронових польових дощок у звітному періоді при цьому не досліджувався. Такі експериментальні дослідження передбачені програмою наукових робіт у 2021 році.

1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ

- 1.1 Визначення впливу текронових елементів плуга на його тяговий опір.
- 1.2 Оцінка ступеню зносу текронової полиці плуга
- 1.3 Експлуатаційно-технологічна оцінка роботи дослідного орного машинно-тракторного агрегату.

2 ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. **Об'єкт досліджень** – плуг ПЛН-5-35, обладнаний як стальними, так і текроновими полицями та польовими дошками. Дане орне знаряддя агрегатували з трактором тягового класу 3 серії ХТЗ-170 (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Трактор ХТЗ-170 з плугом ПЛН-5-35, обладнаним текроновими полицями

Коротка технічна характеристика орного агрегату

Маса трактора ХТЗ-170, кг	8100
Потужність двигуна, кВт (к.с.)	132,4 (180)
Колія, мм	1860
Шини	23.1R26
Експлуатаційна маса плуга, кг	820
Конструктивна ширина захвату плуга, м	1,75
Число корпусів плуга	5
Ширина захвату корпуса плуга, см	35

Плуг ПЛН-5-35 приєднували до трактора ХТЗ-170 за двоточковою схемою так, щоб колеса правого борту даного енергетичного засобу переміщувалися по необробленому полю (тобто поза борозною).

Тиск повітря в шинах трактора установлювали у відповідності з інструкцією щодо правил його експлуатації.

Штатні полиці і польові дошки плуга були виготовлені із сталі 60, а дослідні – із текрону (рис. 2.2). Довідникові дані текрону у порівнянні зі сталлю 60 наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Фізико-технічні характеристики текрону у порівнянні зі сталлю

Показник	Одиниця вимірювання	Значина	
		<i>текрон</i>	<i>сталь 60</i>
Щільність	кг/м ³	930	7800
Твердість нормалізована	–	60 (по Шору)	217 (НВ)
Модуль пружності при розтягу (1 мм/хв.)	МПа	720	920
Модуль повзучості при розтягу (1 год)	МПа	460	590
Межа текучості при розтягу (50 мм/хв.)	МПа	17	17
Відносна деформація розтягу (50 мм/хв.)	%	20	19
Статичний коефіцієнт тертя (k_f)		0,20	0,52



Рис. 2.2. Текронові полиця і польові дошки

3 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Для вимірювання тягового опору плуга ПЛН-5-35 він був обладнаний тензометричною ланкою, розрахованою на реєстрування тягового зусилля 30...40 кН (рис. 3.1).



Рис.3.1. Тензометрична ланка

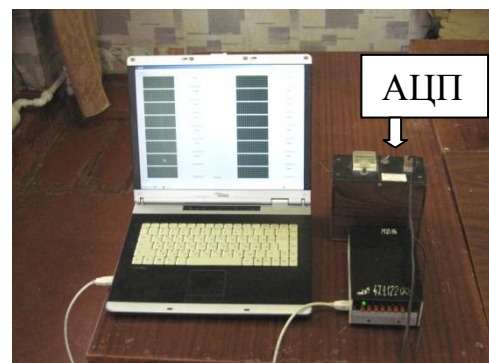


Рис. 3.2. Комп'ютер з АЦП

Електричний сигнал із цієї ланки через аналогово-цифровий перетворювач (АЦП) постував на комп'ютер, де з допомогою спеціального програмного забезпечення здійснювалась реєстрація тягового опору плуга.

До проведення польових досліджень визначали вологість і щільність ґрунту у шарі 0-30 см.

Вологість ґрунту на глибині 5...10 см визначали загальновідомим термостатно-ваговим методом. Реєстрували цей параметр до і після обробітку агрофону.

Для вимірювання щільності ґрунту у шарі 5...10 см використовували розроблений Таврійським ДАТУ прилад (рис. 3.3), створений на основі нового способу оцінювання цього важливого показника.



Рис. 3.3. Прилад для вимірювання щільності ґрунту

Особливістю цього приладу є те, що електронні ваги відтворюють не масу відібраного об'єму ґрунту, а безпосередньо його щільність [1].

Для вимірювання глибини оранки використовували глибиномір (рис. 3.4).

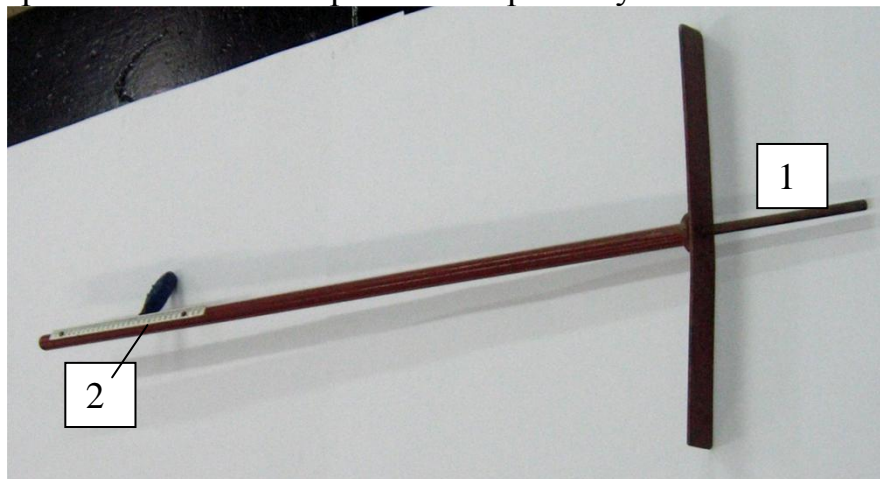


Рис. 3.4. Прилад для вимірювання глибини оранки:
1 – рухомий штир; 2 – лінійка

Заміри глибини обробітку ґрунту здійснювали у 100 точках з інтервалом між ними у поздовжньому напрямку руху МТА 0,2 м.

Для визначення ширини захвату орного МТА перед його проходом від сліду крайнього робочого органу на певній заданій відстані L (у процесі лабораторно-польових досліджень L дорівнювало 2.5 м) з кроком 1 м установлювали 30 кілочків. Після походу агрегату рулеткою вимірювали відстань (h_i) від кожного кілочка до крайнього прокладеної під час досліду сліду (рис. 3.5). Робочу ширину захвату ґрунтообробного машинно-тракторного агрегату (B_p) знаходили із виразу:

$$B_p = L - h_i.$$

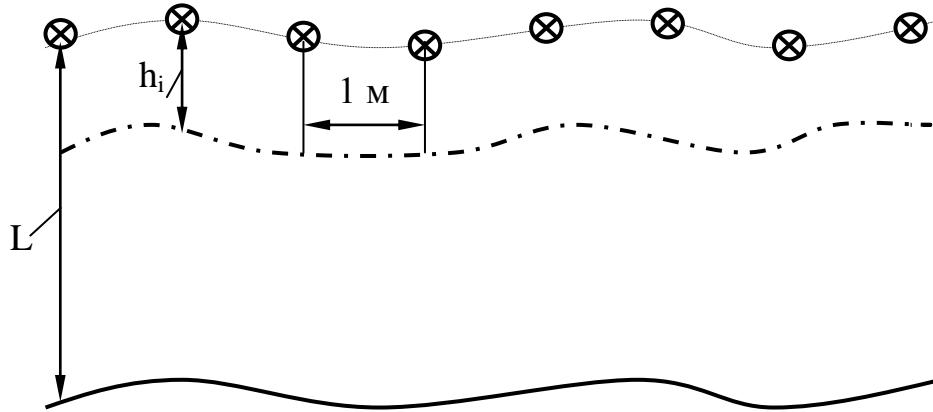


Рис.3.5. Схема визначення робочої ширини захвату орного МТА:

- - слід попереднього проходу агрегату;
- - - - - слід останнього проходу агрегату;
- ⊗ - кілочки.

Для визначення швидкості руху (V_p) боронувального агрегату на ділянці поля відмічали відрізки, довжиною 100 м кожний. При виконанні МТА технологічного процесу секундоміром реєстрували час (t) його проходження залікової ділянки. Шукану значину режиму руху агрегату розраховували при цьому із виразу:

$$V_p = \frac{100}{t}.$$

Для таких характеристик ґрунту, як вологість і щільність, необхідну кількість проб (n) визначали із виразу [2]:

$$n = t^2 \cdot V^2 / \Delta^2, \quad (3.1)$$

де t – нормована значина t – критерію Стьюдента. За довірчої ймовірності 95% $t = 1,96$;

V і Δ – коефіцієнт варіації та допустима межа відхилення (показник точності) вимірюваного параметру.

Для більшості технічних задач визначати похибку вимірювань з точністю, більшою за 10%, – немає потреби [2]. Виходячи з цього в розрахунках нами було прийнято $\Delta = 0,1$.

З урахування цього формулу (3.1) використовували у наступній остаточній редакції:

$$n = 384,16 \cdot V^2.$$

Попередніми нашими дослідженнями встановлено, що коефіцієнти варіації вологості і щільності ґрунту практично не перевищують 20%, тобто $V = 0.2$.

З урахуванням цього для визначення вологості та щільності ґрунту здійснювали його відбір по $n = 16$ проб.

Повторність решти вимірюваних параметрів дорівнювала 2, що обумовлено рухом орного машинно-тракторного агрегату у прямому та зворотному напрямках.

Для глибини обробітку ґрунту плугом ПЛН-5-35 з допомогою розробленого в Таврійському ДАТУ пакету прикладних програм для отриманого масиву даних при заданому рівні довірчої ймовірності розраховували наступні статистичні характеристики:

- середню значину;
- середнє квадратичне відхилення (стандарт);
- дисперсію;
- коефіцієнт варіації;
- нормовану кореляційну функцію;
- нормовану спектральну щільність.

3.2. Знос текронової поверхні полиці плуга оцінювали шляхом її зважування до і після виконання польових випробувань. Для цього застосовували електронні ваги CAS AD-5H з максимальною величиною зважування 5 кг і точністю до 1 г.

Досліджувана полиця була розташована на останньому корпусі плуга.

3.3. Методика визначення експлуатаційно-технологічних показників роботи боронувального МТА повністю викладена у додатку А.

Крім вказаних у даному додатку показників додатково реєстрували:

- Вологість і щільність ґрунту;
- глибину обробітку ґрунту;
- робочу ширину захвату агрегату;
- швидкість робочого руху МТА.

Витрати пального боронувальним машинно-тракторним агрегатом визначали після завершення зміни методом контрольованої дозаправки палим енергетичного засобу, з яким проводили випробування плуга.

4 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Вплив текронових елементів плуга на його тяговий опір

За результатами вимірювань середня значина щільності ґрунту дослідного поля у шарі 0...25 см дорівнювала $1,21 \text{ г/см}^3$, а вологість – 22,8%.

Під час проведення експериментальних досліджень було встановлено, що у сталених полиць корпусів плуга мало місце їх залипання ґрунтом (рис. 4.1).

Натомість, при застосуванні у тих же самих ґрунтових умовах текронових полиць цього явища практично не було (рис. 4.2).

Із практики використання орних знарядь відомо, що за наявності залипання полиць має місце рух «ґрунт по ґрунту». А це завжди призводить до зростання тягового опору плуга.



Рис. 4.1. Залипання сталевих полиць плуга ґрунтом



Рис. 4.2. Стан текронових полиць плуга після його виглублення

За результатами аналізу експериментальних даних встановлено, що застосування текронових полиць і польових дощок замість сталевих дозволило зменшити середню значину тягового опору досліджуваного плуга. Так, якщо зі сталевими елементами корпуса орного знаряддя величина цього показника становила 34,5 кН, то з текроновими – 29,8 кН. Отримана різниця між тяговими опорами плуга становить 4,7 кН або 13,6%.

Із довірчою ймовірністю 95% можна стверджувати, що ця різниця між середніми значинами тягових опорів плуга є суттєвою, оскільки вона значно перевищує найменшу істотну (НІР₀₅), яка дорівнює лише 0,21 кН.

Дисперсія коливань тягового опору плуга з текроновими елементами становила 6,40 кН². Значина цього статистичного параметру у орного знаряддя із сталевими полицями та польовими дошками була більшою і дорівнювала 8,70 кН². Водночас, за F-критерієм Фішера різниця між цими дисперсіями є несуттєвою.

Коефіцієнти варіації коливань тягових опорів для обох варіантів плуга не перевищували 9%.

Ширина захвату орних агрегатів для обох досліджуваних варіантів була однаковою і у середньому становила $1,76 \pm 0,01$ м.

Дійсна глибина оранки плугом з текроновими елементами змінювалась в межах $24,5 \pm 0,3$ см (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Статистичні параметри глибини оранки порівнюваними плугами

Параметр	Значина для плуга з полицями і польовими дошками	
	сталевими	текроновими
Середнє значення, см	23,9	24,5
Довірчий інтервал (95%), см	$23,9 \pm 0,3$	$24,5 \pm 0,3$
Дисперсія, см ²	1,80	1,51
Середнє квадратичне відхилення, ± см	1,34	1,23
Коефіцієнт варіації, %	5,6	5,0
Найменша істотна різниця (НІР ₀₅), см	0,4	

При обробітку ґрунту цим же орним знаряддям, але обладнаним сталевими полицями та польовими дошками, значина даного параметру (тобто тягового опору плуга) становила $23,9 \pm 0,3$ см.

Як бачимо із даних табл. 2, різниця між глибинами оранки становить 0,6 см. Найменша істотна різниця між цими порівнюваними параметрами $НІР_{05} = 0,4$ см. З цього випливає, що плуг з текроновими полицями і польовими дошками функціонував хай і не значно, але на більшій глибині оранки.

Для оцінювання частоти коливань глибини оранки порівнюваними плугами використовували нормовані кореляційні функції цих процесів. Їх аналіз показав (рис. 4.3), що довжина кореляційного зв'язку коливань глибини оранки порівнюваними плугами практично однакова і становить приблизно 0,9 м.

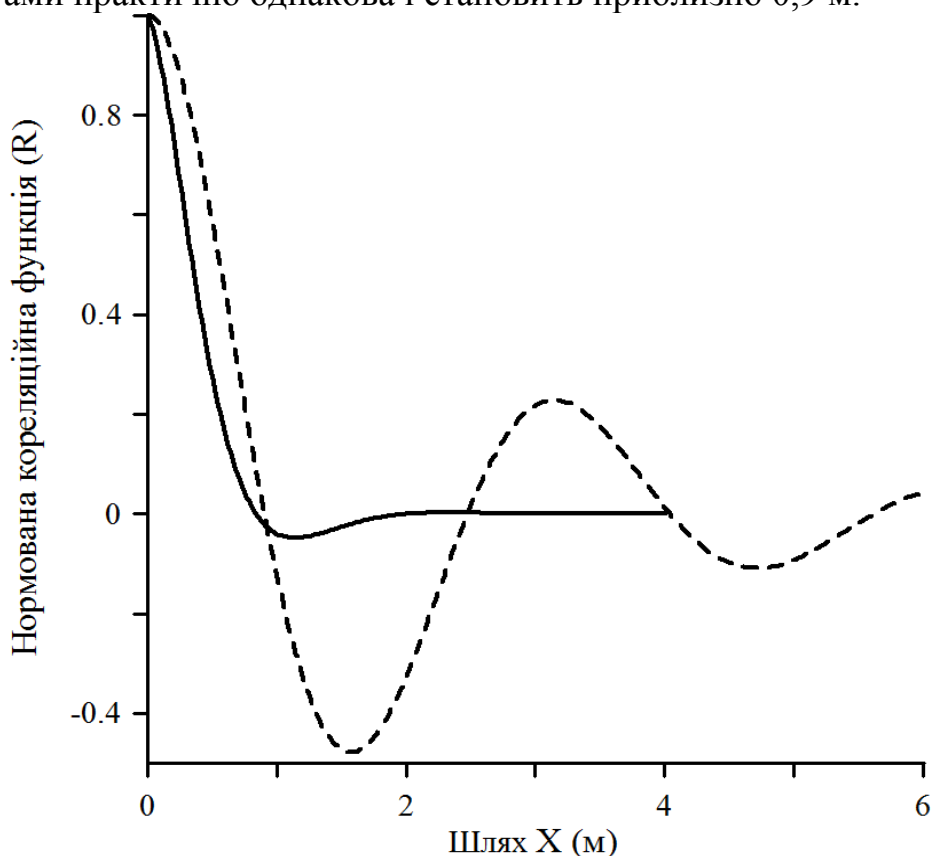


Рис. 4.3. Нормовані кореляційні функції коливань глибини оранки плугами зі сталевими (СТ—) і текроновими (ТК-----) полицями

Водночас, процес коливань глибини оранки плугом зі сталевими (СТ, рис. 4.3) полицями характеризується наявністю періодичної складової. А це вказує на те, що даний процес є більш високочастотним, ніж процес коливання глибини оранки плугом з текроновими (ТК, рис. 4.3) полицями.

Підтвердженням цього факту є нормовані спектральні щільності порівнюваних процесів (рис. 4.4).

Аналіз цих характеристик показує, що дисперсія коливань глибини оранки плугом зі сталевими елементами (крива СТ) розподілена у більш широкому діапазоні частот, ніж дисперсія коливань цього ж параметру (крива ТК) для плуга з текроновими полицями і польовими дошками.

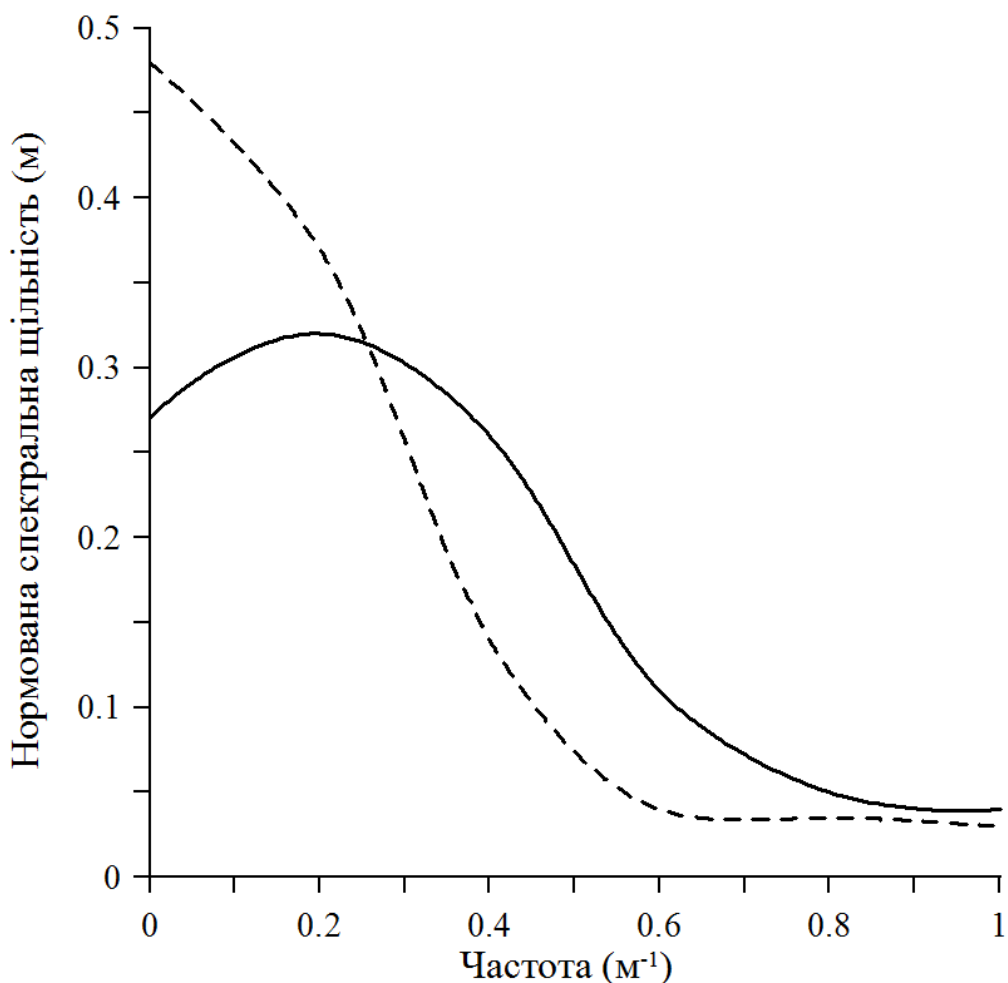


Рис. 4.4. Нормовані спектральні щільності процесів коливань глибини оранки плугами зі стальними (СТ —) і текроновими (ТК- - -) полицями

Самі ж дисперсії обох процесів ($1,80 \text{ см}^2$ і $1,51 \text{ см}^2$, табл. 2) згідно з F-критерієм Фішера репрезентують одну і ту ж генеральну сукупність. Тобто, нуль-гіпотеза про рівність порівнюваних дисперсій (тобто $1,80 \text{ см}^2$ і $1,51 \text{ см}^2$) на рівні статистичної значущості 0,05 не відхиляється.

Агротехнічний допуск на коливання глибини оранки (Δ) орним агрегатом становить $\pm 2 \text{ см}$. Частоту (ω) виходу реальної глибини оранки за даний допуск розраховують за формулою [3]:

$$\omega = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2} \cdot \frac{1}{2\pi} \cdot \exp\left(\frac{-\Delta^2}{2 \cdot D}\right),$$

де α , β – константи апроксимації нормованої спектральної щільності процесу коливань глибини оранки; D – дисперсія коливань глибини оранки.

Для плуга зі стальними полицями і польовими дошками маємо $\alpha = 2,05$, $\beta = 2,5$ і $D = 1,80 \text{ см}^2$. У цьому випадку $\omega = 0,169 \text{ м}^{-1}$, а імовірність дотримання орним агрегатом агротехнічного допуску $\Delta = \pm 2 \text{ см}$ становить 88%.

Для плуга з текроновими елементами корпусу плуга $\alpha = 0,47$, $\beta = 2,0$ і $D = 1,45 \text{ см}^2$. З урахуванням цього маємо $\omega = 0,084 \text{ м}^{-1}$. Імовірність дотримання плугом з текроновими елементами агротехнічного допуску на глибину оранки $\Delta = \pm 2 \text{ см}$ вища і дорівнює 93%.

Результати польових випробувань показали, що швидкість робочого руху орного агрегату з текроновими елементами плуга становила 8,1 км/год. У орного агрегату зі стальними елементами корпусів плуга цей показник був 7,2 км/год. Цілком зрозуміло, що така перевага у швидкісному режимі роботи МТА з текроновими полицями і польовими дошками орного знаряддя обумовлена його меншим, як це показано вище, тяговим опором.

У підсумку, за практично однакової ширини захвату порівнюваних орних агрегатів (1,76 м) основна (тобто чиста) продуктивність їх роботи була різною: у модернізованого МТА вона була більшою на 12,6% (1,43 га/год проти 1,27 га/год).

4.2. Визначення величини зносу текронової полиці плуга

У процесі польових випробувань дослідним орним агрегатом було здійснено оранку на площі 98 га. До початку оранки маса досліджуваної текронової полиці плуга становила 2205 г. Її зовнішній вигляд представлено на рис. 4.5а.

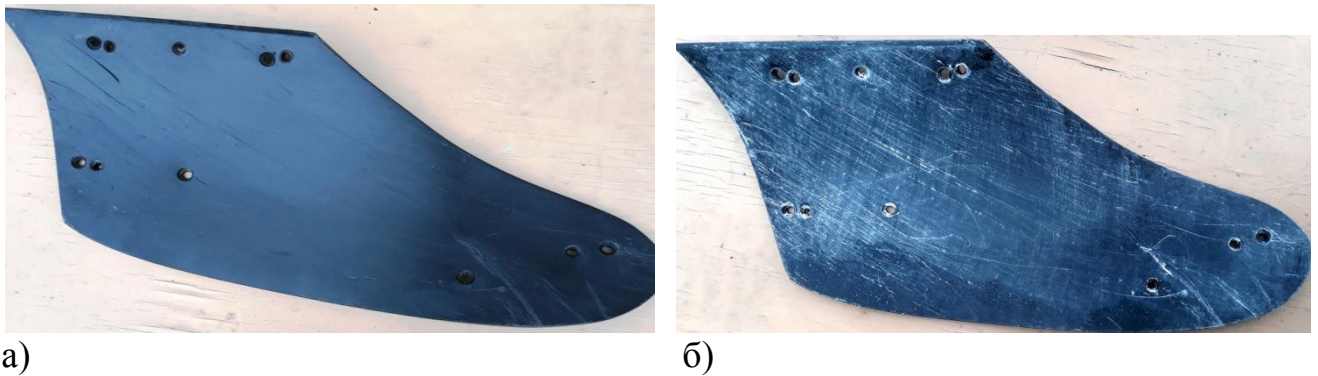


Рис. 4.5. Вигляд текронової полиці плуга до (а) і після (б) випробувань

Після завершення випробувань маса полиці становила 2188 г. Абразивний знос при цьому склав 11 г або 0,5%.

Зовнішній вигляд текронової полиці після польових випробувань представлений на рис. 4.5б. Його візуальний аналіз показує, що робоча поверхня полиці помережена мілкими слідами (рисками) впливу на неї твердих абразивних елементів ґрунту. Мережу цих рисок відтінює крейда, якою була натерта поверхня полиці.

Агротехнічний строк виконання оранки становить приблизно 2-3 декади, тобто 20...30 днів. Цю технологічну операцію доцільно проводити у дві зміни. А це означає, що добове завантаження плуга може становити щонайменше 14 год. Звідси за максимальний агротехнічний строк оранки 30 днів орне знаряддя має експлуатуватися $30 \cdot 14 = 420$ год. Це практично повністю відповідає нормативному річному завантаженню плуга, яке, як відомо, має становити 480 годин.

Багаторічна практика випробувань орних агрегатів на основі трактора тягового класу 3 (Т-150К, ХТЗ-170, ХТЗ-160) показує, що за 1 год змінного часу вони обробляють щонайменше 1 га ріллі. За річний норматив 420 год ця площа має становити 420 га.

Якщо при обробленні 98 га ріллі знос текронової полиці склав 11 г, то за річного об'єму оранки на рівні 420 сумарний знос її поверхні мав би становити

$$\frac{420 \text{ га} \cdot 11 \text{ г}}{98 \text{ га}} = 47 \text{ г.}$$

Амортизаційний строк служби плуга становить приблизно 7 років. За цей час сумарний знос текронової полиці міг би дорівнювати 329 г або майже 15%.

Багато це чи мало, можна встановити лише після порівняльного оцінювання зносу поверхні текронової полиці у порівнянні зі сталлюю. Причому бажано зробити це на обробленні супісчаних ґрунтів, оскільки їх абразивний вплив на полиці плуга значно вищий, ніж звичайних чорноземів.

Перед проведенням польових випробувань поверхня текронової полиці була відсканована у 3-D форматі (рис. 4.6).

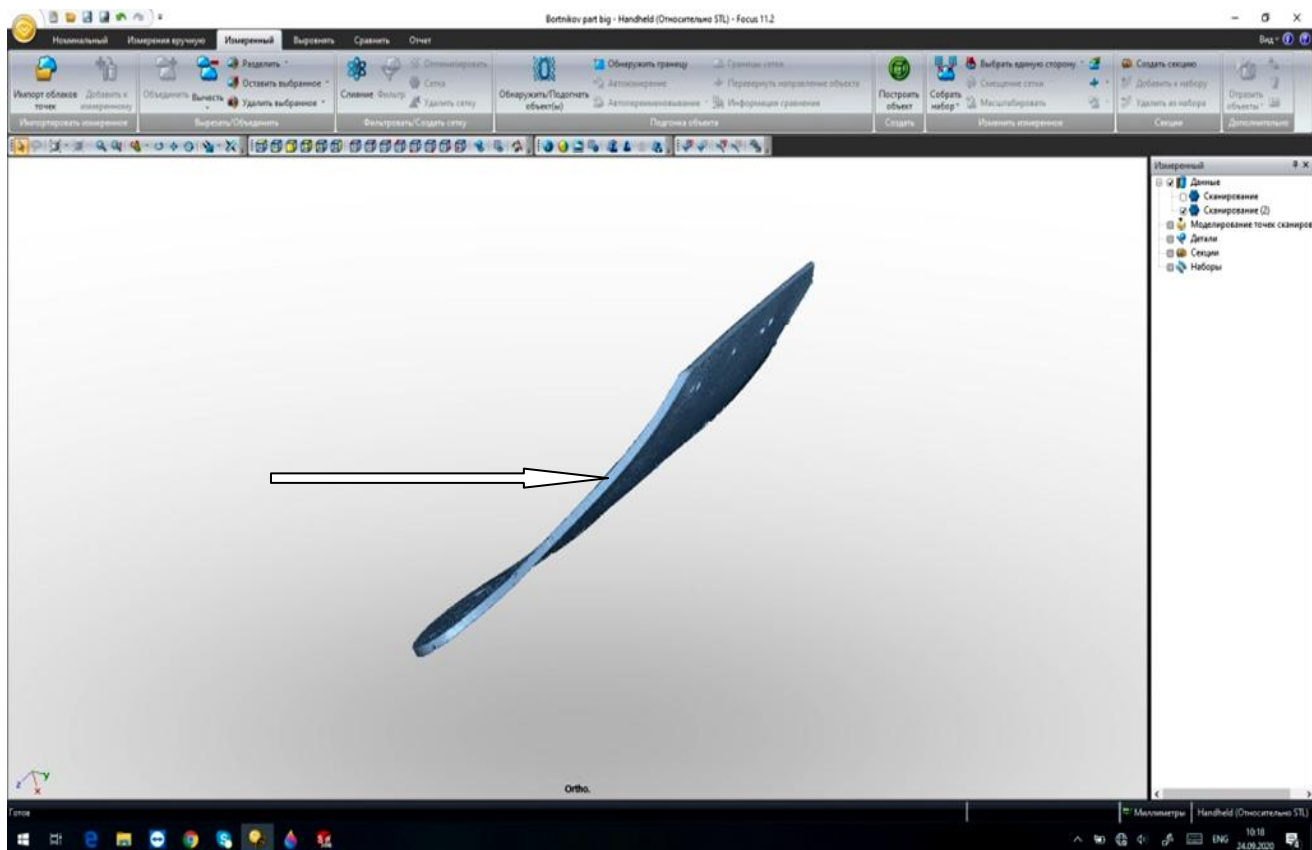


Рис. 4.6. Вигляд від сканованої поверхні текронової полиці

Наразі після завершення оранки здійснюється повторне сканування даного об'єкту.

Подальша задача досліджень полягає у пошуку шляхів графічного оцінювання ступеню зносу поверхні текронової полиці. Не меншу зацікавленість становить оцінювання стабільності форми полиці до і після польових випробувань. У першу чергу це стосується форми її крайки, позначеною стрілкою на рис. 4.6.

Найбільший інтерес викликає можливість визначення не тільки величини зносу поверхні текронової полиці, а і характер розподілу на ній зон цього абразивного процесу.

4.3 Експлуатаційно-технологічні показники роботи орного МТА

Експлуатаційно-технологічну оцінку роботи орного машинно-тракторного агрегату (МТА) у складі трактора ХТЗ-170 та плуга ПЛН-5-35 з текроновими елементами (рис. 4.7) проводили на полях ТОВ «Агрофірма Ольвія», розташованих у Якимівському районі Запорізької області (с. Давидівка). Умови проведення випробувань орного МТА представлені у таблиці 4.2.



Рис. 4.7. Дослідний орний МТА в роботі

Таблиця 4.2

Умови проведення експлуатаційно-технологічної оцінки орного МТА

Показник	Значина
Тип ґрунту	Темно-каштановий
Рельєф	Рівний
Мікрорельєф	Вирівняний
Агротехнічний фон	Злущена стерня озимої пшениці
Вологість ґрунту в шарі 0...30 см, %	21...23
Щільність ґрунту в шарі 0...30 см, г/см ³	1,20...1,23

Експлуатаційно-технологічною оцінкою роботи дослідного орного агрегату встановлено, що основна (чиста) продуктивність його роботи становила 1,41 га за годину (таблиця 4.3).

Плуг, обладнаний текроновими елементами (полицями і польовими дошками), не створював особливих проблем під час його експлуатації. Про це однозначно свідчать досить високі значини коефіцієнтів використання часу зміни і надійності технологічного процесу. Перша із них в умовах випробувань дорівнювала 0,88, а друга – 0,99.

Питомі витрати пального дослідним орним агрегатом становили 15,2 кг/га або 17,6 л/га. Це повністю відповідає нормативному показнику роботи такого МТА в умовах півдня України. Хоча багаторічна практика випробувань орних МТА на основі колісних тракторів тягового класу 3 показує, що у більшості випадків питомі витрати ними пального навіть на рівні 10,0 кг/га недосяжні.

Спеціальне оцінювання якості оранки дослідним агрегатом програмою не передбачалось, але візуальне оцінювання її не викликало будь-яких сумнівів. У першу чергу із-за відсутності залипання текронових полиць плуга відносно вологим ґрунтом.

Експлуатаційно-технологічні показники орного
машинно-тракторного агрегату

Показник	Значення
Склад агрегату: трактор с.-г. машина/знаряддя	ХТЗ-170 Плуг ПЛН-5-35
Вид роботи	Оранка
Умови і режим роботи:	
- робоча швидкість руху, км/год	8,0
- ширина захвату, м	1,76
- глибина обробітку ґрунту, см	25,6±0,8
Обсяг виконаної роботи, га	98
Продуктивність роботи, га за 1 год:	
- основного часу	1,41
- змінного часу	1,24
Питомі витрати пального, кг/га	15,2
Затрати праці, люд.·год/га	0,81
Експлуатаційно-технологічні показники:	
- коефіцієнт робочих ходів	0,86
- коефіцієнт надійності технологічного процесу	0,99
- коефіцієнт використання змінного часу	0,88

ВИСНОВКИ

1. У порівнянні зі сталлю коефіцієнт тертя ґрунту по такому композитному матеріалу як текрон практично у 2,6 рази менший. Це створює передумови використання цього матеріалу для виготовлення елементів корпусів сільськогосподарських плугів. Експериментально встановлено, що застосування плуга з текроновими полицями і польовими дошками замість сталевих унеможлиблює залипання полиць вологим ґрунтом. За рахунок цього замість руху «ґрунт по ґрунту» має місце рух «ґрунт по поверхні полиці». Як встановлено експериментальними дослідженнями, після заміни сталевих полиць і польових дошок текроновими тяговий опір плуга зменшується на 13,6%.
2. Продуктивність роботи орного агрегату з текроновими елементами плуга у порівнянні з МТА, плуг якого обладнаний сталевими полицями і польовими дошками, зростає на 12,6%. Імовірність дотримання агротехнічного допуску на глибину оранки (± 2 см) орним агрегатом з текроновими елементами плуга збільшується з 88 до 93%.
3. Після здійснення оранки на площі 98 га знос текронової полиці плуга становив 11 г, що становить 0,5% від її маси. За такої інтенсивності даного процесу і амортизаційному строкові служби плуга приблизно 7 років **передбачуваний** (прогнозний) сумарний знос текронової полиці може дорівнювати 329 г або майже 15%.
4. За період оброблення 98 га ріллі основна (чиста) продуктивність роботи орного агрегату у складі трактора ХТЗ-170 і плуга ПЛН-5-35 становила 1,41 га/год. Змінна продуктивність його роботи становила при цьому 1,24 га/год. Питомі витрати пального орним агрегатом з плугом, обладнаним текроновими полицями у середньому становили 15,2 кг/га або 17,6 л/га. Коефіцієнт надійності роботи новим МТА дорівнював 0,99.
5. Для подальшого аналізу потрібне порівняльне оцінювання зносу поверхонь текронової полиці і польової дошки у порівнянні зі сталевими серійними аналогами. Причому бажано зробити це на обробленні супісчанних ґрунтів, оскільки їх абразивний вплив на полиці плуга значно вищий, ніж звичайних чорноземів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Nadykto V., Kotov O. Sposib vuznachennya shchil'nosni gruntu: pat. UA 97828, G 01N 1/00 USA. Ukraine, 2015.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки исследований). М. : Агропромиздат, 1985. 351 р.
3. Лурье А.Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов. Л.: Колос, 1970. 376 р.
4. Надыкто В.Т. Роль энергонасыщенности тракторов в формировании их типажа/ В.Т. Надыкто //Тракторы и сельхозмашины, 2012. №3. С. 16-21.
5. Надыкто В.Т. Агрегатирование МЭС с передненавесным плугом / В.Т. Надыкто //Тракторы и сельскохозяйственные машины, 1994. №7. С. 21-23

СХВАЛЕНО
і рекомендовано до використання
Науково-технічною радою ННЦ «ІМЕСГ»
Національної академії аграрних наук України

**РЕКОМЕНДАЦІЇ
З ЕКСПЛУАТАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ**

Розробники: докт. техн. наук, академік НААН України Адамчук В.В.,
канд. техн. наук Грицишин М.І., канд. техн. наук Третяк В.М.
Національний науковий центр «ІМЕСГ» НААН України,
докт. техн. наук, член-кор. НААН України Надикто В.Т.,
докт. техн. наук, член-кор. НААН України Кюрчев В.М.,
докт. техн. наук Караєв О.Г.
Таврійський державний агротехнологічний університет

1 Сфера застосування

1.1 Ці рекомендації поширюються на сільськогосподарську техніку (трактори, самохідні шасі, комбайни, сільськогосподарські машини/знаряддя, далі – техніка) і встановлюють єдині критерії її оцінки, номенклатуру експлуатаційно-технологічних показників і методи їх визначення: прогнозовані на етапі створення, і фактичні – за результатами випробувань та виробничої експлуатації за призначенням.

1.2 Дані випробувань використовуються для техніко-економічної оцінки техніки, у тому числі і на її відповідність технічному завданню (ТЗ) чи технічним умовам (ТУ), а також для нормування продуктивності роботи техніки та витрат пального.

1.3 Рекомендації пропонуються науковим (проблемним) лабораторіям, дослідним станціям, господарствам тощо.

2 Терміни і визначення

2.1 **Експлуатаційно-технологічна оцінка** – оцінка експлуатаційних властивостей техніки, які характеризують її здатність виконувати технологічний процес в межах агротехнічного строку з оптимальною продуктивністю і заданою якістю та мінімальними втратами часу робочої зміни.

2.2 **Технологічна операція** – цілеспрямований вплив на ґрунт, рослини, сільськогосподарську продукцію та інший технологічний матеріал для досягнення заздалегідь визначеної зміни їх властивостей, стану або форми.

2.3 **Сільськогосподарський/машинно-тракторний агрегат (СГА/МТА)** – автономний мобільний енерготехнологічний комплекс, призначений для виконання однієї чи одночасно кількох технологічних операцій сільськогосподарського виробництва із заданими агротехнічними вимогами. Якщо енергетичною базою цього комплексу є трактор, то він називається машинно-тракторним агрегатом (МТА).

2.4 **Комбінований МТА** – машинно-тракторний агрегат, призначений для виконання за один робочий прохід кількох технологічних операцій.

2.5 **Технологічний переїзд** – переїзд агрегату для наступного завантаження / вивантаження його технологічним матеріалом (зерном, водою, добривами тощо).

2.6 **Технологічний час** – час, необхідний для виконання технологічного процесу з урахуванням циклічно повторюваних операцій (поворотів, технологічного обслуговування) та операцій усунення технологічних відмов.

2.7 **Робоча зміна** – час роботи, на протязі якого робітник (механізатор) на сільськогосподарському чи машинно-тракторному агрегаті виконує операції технологічного процесу, які обумовлюють продуктивність його використання.

2.8 **Контрольна зміна** – період роботи техніки в одну повну робочу зміну на одному фоні за чіткої організації праці, визначенні і контролю режиму та якості роботи за умови ведення хронографії робочого часу.

2.9 **Хронографія** – реєстрація переліку та тривалості усіх операцій роботи техніки у хронологічному порядку.

2.10 **Вид роботи** – технологічна операція, яка виконується визначеним складом агрегату у відповідності з призначенням випробовуваної техніки і заданими технологічними параметрами, які передбачають їх регулювання.

2.11 **Агротехнічний фон** – певне поєднання показників для одного і того ж виду робіт, які характеризують умови роботи техніки під час її випробувань (попередник, висота стерні, вологість і щільність ґрунту, забур'яненість, урожайність, ширина міжрядь тощо).

2.12 **Типовий фон** – стан фону, передбаченого ТЗ /ТУ на техніку, що випробується.

3 Загальні положення

3.1 Експлуатаційно-технологічну оцінку техніки проводять у тих зонах і на тих видах робіт, для яких вона призначена.

3.2 На кожному виді робіт випробування техніки проводять на типовому агротехнічному фоні.

3.3 Експлуатаційно-технологічну оцінку нової техніки проводять шляхом порівняння отриманих експлуатаційно-технологічних показників з аналогічними показниками базового варіанту або ТЗ чи ТУ.

3.4 У якості базового варіанту приймають результати випробувань серійної техніки аналогічного призначення, отримані у співставних умовах, тобто на одному і тому ж фоні, у один і той же час.

3.5 У випадку відсутності базового варіанту експлуатаційно-технологічну оцінку нової техніки проводять шляхом порівняння отриманих експлуатаційно-технологічних показників з ТЗ або ТУ.

3.6 При підготовці нової техніки до експлуатаційно-технологічних випробувань мають бути дотримані наступні вимоги:

- технічний стан техніки, представленої на випробування, має відповідати вимогам ТЗ або ТУ;
- перед початком випробувань техніка має бути відрегульована і підготовлена у відповідності до вимог технологічної операції чи технологічного процесу, який буде нею виконуватися;
- техніка повинна агрегатуватися з відповідними їй енергетичними засобами і відповідати вимогам безпеки та гігієни праці;
- енергетичні засоби (трактори, самохідні шасі, комбайни тощо) і електроприводи сільськогосподарських агрегатів повинні відповідати нормативам, установленим їхньою технічною документацією;
- технічне і технологічне обслуговування техніки під час її випробувань має здійснюватися персоналом і технічними засобами, передбаченими інструкцією з її експлуатування.

3.7 Експлуатаційні випробування техніки здійснюються протягом не менше 3-х контрольних змін, загальною тривалістю не менше 18 годин змінного часу.

3.8 Похибка вимірювань контрольованих параметрів не повинна перевищувати значень, вказаних у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Похибка вимірювань

Назва показника	Погрішність вимірювання, %
Час: до 5 хв	±1
> 5 хв	±0,5
Лінійні розміри	±1
Маса	±0,5
Витрати палива	±2
Витрати рідини	±3
Витрати електроенергії	±1

4 Перелік первинної інформації та методи її отримання

4.1. Під час проведення експлуатаційно-технологічної оцінки випробовуваної техніки фіксують наступні дані:

- склад МТА або технологічної лінії і кількість обслуговуючого її персоналу, вид роботи, дату і місце проведення випробувань;
- умови роботи;
- режим роботи;
- тривалість елементів часу зміни;
- витрати пального та технологічних матеріалів;
- об'єм виконаної роботи.

4.2. Обслуговуючим персоналом вважають лише тих осіб, які приймають безпосередню участь у процесі випробувань техніки (механізатори, оператори, сівальники, майстри-наладчики тощо).

4.3. Умови і режим роботи визначають згідно вимог нормативних документів на випробування відповідного типу техніки.

4.4. Хронографію робочого періоду випробування техніки здійснюють шляхом реєстрування тривалості усіх елементів часу зміни. При реєструванні витрат часу на усунення технологічних і/або технічних відмов випробовуваної техніки вказують причини їх прояву.

4.4.1. Реєстровану інформацію заносять у форму листа спостереження (додаток А).

4.4.2. Після завершення спостереження здійснюють первинну обробку отриманих даних. Для цього:

- у відповідності з додатком В проводять шифрування елементів часу зміни, за наявності видаляють результати помилкових вимірювань;
- визначають сумарну тривалість кожного елемента часу зміни;
- у відповідності з додатком А розраховують зведені показники роботи техніки, що проходила випробування;
- у листі спостереження оформляють зауваження щодо процесу випробування техніки.

5.5. Витрати пального за зміну визначають одним із наступних методів:

- використання приладу, який реєструє витрати палива;
- контрольованої дозправки паливом енергетичного засобу, з яким проводили випробування техніки, після завершення зміни.

4.6. Кількість використаного технологічного матеріалу визначають шляхом обліку його фактичних витрат за зміну.

4.7. Обсяг виконаної роботи визначають наступним чином:

- розмір обробленої (зібраної) ділянки – безпосереднім вимірюванням;
- кількість зібраної (внесеної, перевезеної, переробленої) основної і побічної продукції – зважуванням.

4.8. Після завершення робочого дня спостерігач разом з провідним інженером оформляють лист спостереження, підписують його і передають для розрахунку і оформлення експлуатаційно-технологічних показників роботи техніки, що проходила випробування (додаток С).

5 Критерії експлуатаційно-технологічних показників та методи їх визначення

- 5.1. Час основної роботи техніки – T_1 , год (шифр групи 1).
 5.2. Витрати часу на повороти – T_2 , год (шифр групи 2).
 5.3. Витрати часу на технологічне обслуговування – T_3 , год (шифр групи 3).
 5.4. Витрати часу на технологічні відмови – T_4 , год (шифр групи 4).
 5.5. Витрати часу на технічне обслуговування – T_5 , год (шифр групи 5).
 5.6. Витрати часу на усунення технічних відмов – T_6 , год (шифр групи 6).
 5.7. Витрати часу на щоденне технічне обслуговування машин, агрегованих з випробовуваною – T_7 , год (шифр групи 7).
 5.8. Витрати часу на відпочинок обслуговуючого персоналу – T_8 , год (шифр групи 8).
 5.9. Витрати часу на холості переїзди – T_9 , год (шифр групи 9).

- 5.10. Технологічний час зміни – $T_{\text{техн}}$, год:

$$T_{\text{техн}} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4.$$

- 5.11. Час зміни – $T_{\text{зм}}$, год:

$$T_{\text{зм}} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_7 + T_8 + T_{9.1}.$$

- 5.12. Експлуатаційний час – $T_{\text{ек}}$, год:

$$T_{\text{ек}} = T_{\text{зм}} + T_6 + T_{9.2}.$$

- 5.13. Коефіцієнт робочих ходів – φ :

$$\varphi = \frac{T_1}{T_1 + T_2}.$$

- 5.14. Середній час одного повороту – $t_{\text{п}}$, с:

$$t_{\text{п}} = \frac{T_2 \cdot 60}{N_{\text{п}}},$$

де $N_{\text{п}}$ – кількість поворотів за час зміни.

- 5.15. Коефіцієнт технологічного обслуговування – $K_{\text{то}}$:

$$K_{\text{то}} = \frac{T_1}{T_1 + T_3}.$$

- 5.16. Коефіцієнт надійності технологічного процесу – $K_{\text{нп}}$:

$$K_{\text{нп}} = \frac{T_1}{T_1 + T_4}.$$

- 5.17. Коефіцієнт використання технологічного часу – $\tau_{\text{т}}$:

$$\tau_{\text{т}} = \frac{T_1}{T_{\text{техн}}}.$$

- 5.18. Коефіцієнт використання змінного часу – $\tau_{\text{зм}}$:

$$\tau_{\text{зм}} = \frac{T_1}{T_{\text{зм}}}.$$

- 5.19. Коефіцієнт використання експлуатаційного часу – $\tau_{\text{ек}}$:

$$\tau_{\text{ек}} = \frac{T_1}{T_{\text{ек}}}.$$

5.19. Продуктивність роботи за 1 годину, га(т)/год:

а) основного часу – W_o :

$$W_o = \frac{B}{T_1};$$

б) технологічного часу – $W_{\text{техн}}$:

$$W_{\text{техн}} = \frac{B}{T_{\text{техн}}};$$

в) змінного часу – $W_{\text{зм}}$:

$$W_{\text{зм}} = \frac{B}{T_{\text{зм}}};$$

г) експлуатаційного часу – $W_{\text{ек}}$:

$$W_{\text{ек}} = \frac{B}{T_{\text{ек}}},$$

де B – наробіток техніки (га, т).

5.20. Питомі витрати пального – q , л/га(т):

$$q = \frac{G}{B},$$

де G – витрати пального на весь обсяг виконаної роботи, л.

5.21. Наробіток техніки у мото-годинах ($n_{\text{мг}}$, мото-год) за період випробувань визначають за показником мотолічильника енергетичного засобу або за формулою:

$$n_{\text{мг}} = \frac{G}{g_o},$$

де g_o – погодинні витрати пального двигуном енергетичного засобу (л/год) при максимальному його завантаженні (згідно із паспортними даними).

5.22. Наробіток випробовуваною машиною мото-годин:

а) на 1 технологічну відмову – $n_{\text{техн}}$:

$$n_{\text{техн}} = \frac{n_{\text{мг}}}{N_{\text{техн}}};$$

б) на 1 технічну відмову – $n_{\text{тех}}$:

$$n_{\text{тех}} = \frac{n_{\text{мг}}}{N_{\text{тех}}},$$

де $N_{\text{техн}}$, $N_{\text{тех}}$ – кількість технологічних і технічних відмов випробовуваної техніки відповідно.

5.23. Затрати праці на одиницю виконаної роботи – $Z_{\text{п}}$, люд.·год/га(т):

$$Z_{\text{п}} = \frac{L_{\text{оп}}}{W_{\text{зм}}},$$

де $L_{\text{оп}}$ – кількість обслуговуючого персоналу, люд.

Додаток А
(обов'язковий)

Оформлення результатів спостереження

Форма А.1 \ Лист спостереження

Склад МТА: _____ + _____ + _____
(енергетичний засіб) (зчеп) (кількість і ма-
рка с.-г. машин)
Механізатор _____
Допоміжний обслуговуючий персонал, люд. _____

Область і район _____	Дата _____ Зміна _____
Господарство _____	<u>Час спостереження:</u>
Вид роботи _____	початок _____ кінець _____
Культура і сорт _____	тривалість _____
Умови роботи:	
Рельєф ¹ - <i>рівний, схил, хвилястий</i>	Витрати пального (л):
Мікрорельєф ¹ - <i>гладкий, гребенистий</i>	Було _____
Ґрунт ¹ - <i>легкий, середній, важкий</i>	Долило _____
Вологість ґрунту ¹ - <i>сухий, вологий</i>	Залишилось _____
Погода ¹ - <i>хмарно, ясно, вітер</i>	Витрачено за зміну _____
Забур'яненість ¹ - <i>слабка, середня, сильна</i>	Питомі витрати пального, л/га (т) _____
Попередник _____	Схема ділянки і спосіб руху МТА
Попередній обробіток _____	
Ширина міжрядь, см _____	
Висота культурних рослин, см _____	
Режим роботи:	
Дійсна ширина захвату, м _____	
Швидкість робочого руху, км/год _____	
Глибина обробітку ґрунту, см _____	
Висота стерні, см _____	
Норма висіву (внесення), кг/га _____	Змінний виробіток МТА, га (т) _____
¹⁾ Потрібне підкреслити	

Закінчення форми А.1

с. _____

Зведені показники роботи техніки, що проходила випробування

Шифр	Кількість випадків	Сумарний час шифру, год	Шифр	Кількість випадків	Сумарний час шифру, год
Кількість гонів: _____					

Транспортна швидкість руху МТА, км/год _____

Кількість витраченого технологічного матеріалу, т (л) _____

Час простоювання із-за організаційних причин, год (шифр T₁₀) _____**Зауваження щодо випробування техніки**

Спостерігач _____

(ПІБ)

_____ (підпис)

Провідний інженер _____

(ПІБ)

_____ (підпис)

“ _____ ” _____ 20__ р.

Додаток В
(обов'язковий)

Характеристика елементів часу зміни

Таблиця В.1 – Характеристика елементів часу зміни

Назва елемента часу зміни	Шифр	Характеристика
1	2	3
Час основної роботи	T_1	Час, на протязі якого випробовувана техніка безпосередньо здійснює технологічний процес (обробіток ґрунту, збирання врожаю, внесення добрив чи інших технологічних матеріалів тощо).
Витрати часу на повороти	T_2	Час, на протязі якого здійснюється маневрування техніки в кінці робочого гону з метою її повороту (заїзду) для продовження виконання технологічного процесу на наступному гоні.
Витрати часу на технологічне обслуговування	T_3	Тривалість зупинок, обумовлених необхідністю заправлення випробовуваної техніки технологічним матеріалом, розвантаженням зібраного врожаю, переведенням техніки/знаряддя чи її окремих агрегатів із робочого положення у транспортне і навпаки (підіймання і опускання маркерів, вигублення робочих органів машин/знарядь, заміна транспортних засобів, контроль якості роботи тощо). Витрати часу на технологічні регулювання, обумовлені зміною умов роботи (регулювання глибини обробітку ґрунту, норми внесення технологічних матеріалів, частоти обертання робочих органів тощо).
Витрати часу на технологічні відмови	T_4	Витрати часу на усунення забивання (залипання) робочих органів машин/ знарядь
Витрати часу на технічне обслуговування	T_5	Витрати часу на щоденне технічне обслуговування випробовуваної техніки, її очищення, змазування, заправлення, підтягування кріплень, переведення із транспортного положення в робоче і навпаки, переобладнання з однієї технологічної схеми на іншу, приєднання/від'єднання с.-г. машин/знарядь

Продовження таблиці В.1

1	2	3
Витрати часу на усунення технічних відмов	T ₆	Витрати часу на усунення несправностей техніки (розбирання несправного і збирання відремонтованого вузла, ремонт/заміна вузла/деталі, регулювання вузлів, очікування доставки відремонтованої/нової деталі/вузла тощо).
Витрати часу на щоденне технічне обслуговування машин, агрегованих з випробовуваною	T ₇	Витрати часу на операції технічного обслуговування машин, передбачених їх технічними інструкціями
Витрати часу на відпочинок обслуговуючого персоналу	T ₈	Витрати часу на відпочинок і особисті потреби обслуговуючого персоналу
Витрати часу на холості переїзди	T _{9.1}	Витрати часу на переїзди з однієї ділянки поля на іншу, холості переміщення по полю
	T _{9.2}	Витрати часу на холості переїзди із поля на поле, а також із бригади на поле і назад
Витрати часу із-за причин, не залежних від випробовуваної техніки	T ₁₀	Витрати часу, обумовлені очікуванням транспорту для підвезення технологічного матеріалу, відвезення врожаю, підготовкою поля до роботи, усуненням технічних відмов техніки, яка використовується із випробовуваною машиною, обіднею перервою, простоюванням із-за кліматичних умов, коригуванням організаційних рішень тощо.

Додаток С (обов'язковий)

Оформлення результатів експлуатаційно-технологічної оцінки

Таблиця С.1 – Експлуатаційно-технологічні показники

№ п/п	Показник	Значення	Згідно із ТЗ/ТУ
1.	Місце проведення випробувань		
2.	Склад агрегату		
3.	Вид роботи, культура, сорт		
4.	Умови і режим роботи:		
	- вологість ґрунту, %		
	- щільність ґрунту, г/см ³		
	- забур'яненість, шт.(г)/м ²		
	- робоча швидкість руху, км/год		
	- ширина захвату, м		
	- глибина обробітку ґрунту, см		
	- висота стерні, см		
	- ширина міжрядь, см		
	- норма висіву (внесення), кг(л)/га		
	- (інше)		
5.	Час основної роботи, год		
6.	Технологічний час, год		
7.	Час зміни, год		
8.	Експлуатаційний час, год		
9.	Обсяг виконаної роботи, га (т)		
10.	Продуктивність роботи, га(т) за 1 год:		
	- основного часу		
	- технологічного часу		
	- змінного часу		
	- експлуатаційного часу		
11.	Питомі витрати палива, л/га(т)		
12.	Затрати праці, люд.·год/га (т)		
13.	Експлуатаційно-технологічні показники:		
	- коефіцієнт робочих ходів		
	- коефіцієнт технологічного обслуговування		
	- коефіцієнт надійності технологічного процесу		
	- коефіцієнт використання технологічного часу		
	- коефіцієнт використання змінного часу		
	- коефіцієнт використання експлуатаційного часу		
	- наробіток у мото-год на 1 технологічну відмову		
	- наробіток у мото-год на 1 технічну відмову		