

УДК 631.37

№ держреєстрації: 0116U002718

Інв. №: 2018_01

МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА
УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

72310, Запорізька обл., м. Мелітополь, пр-т. Б.Хмельницького,18
тел. (0619) 42-06-94

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор НДІ МЗПУ,
д.т.н. _____ В.Т.Надикто
«___» _____ 2018 р.

ЗВІТ
про науково-дослідну роботу
(проміжний)

Програма 1 «Розробити технічні засоби для реалізації нових технологій
вирощування сільськогосподарських культур в умовах
півдня України»

Завідувач відділу: _____ д.т.н. Надикто В.Т.

Завідувач лабораторії: _____ д.т.н. Надикто В.Т.

2018

Результати роботи розглянуто НТР,
протокол № ___ від «___» _____ 2018 р.

СПИСОК АВТОРІВ

Відповідальний виконавець -
завідувач лабораторії,
доктор технічних наук,
професор

В. Надикто
(реферат, вступ, розділи
1, 2, 3, висновки)

Кандидат технічних наук,
доцент

А. Аюбов
(участь у 3.1, 3.2)

Кандидат технічних наук,
доцент

В. Кувачов
(участь у 3.1, 3.2)

Провідний інженер

Т. Рева
(участь у 3.2)

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 30 с., 10 рис., 3 табл., 7 джерел, 1 додаток.

Об'єкт досліджень: машинно-тракторний агрегат у складі універсально-просапного трактора тягового класу 1,4 з ротаційною бороною БР-6.

Мета роботи: оцінка техніко-економічної ефективності агрегування та практичного використання ротаційної борони БР-6 на обробітку парового поля.

Методи досліджень.

Лабораторно-польові випробування 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 трудомісткість (люд.·год) агрегування ґрунтообробної ротаційної борони БР-6 з універсально-просапним трактором тягового класу 1,4 (МТЗ-892);
- здійснено визначення основних експлуатаційно-технологічних показників роботи ротаційної борони БР-6 у агрегаті з універсально-просапним трактором тягового класу 1,4 (МТЗ-892) на обробітку парового поля.

БОРОНА РОТАЦІЙНА, ТРАКТОР, МАШИННО-ТРАКТОРНИЙ АГРЕГАТ, АГРЕГАТУВАННЯ, ПАРОВЕ ПОЛЕ, ТРУДОМІСТКІСТЬ АГРЕГАТУВАННЯ, ЕКСПЛУАТАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	6
2 ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ	6
3 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	7
3.1 Оцінка трудомісткості агрегування борони з трактором	7
3.2 Визначення експлуатаційно-технологічних показників роботи боронувального МТА	8
4 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	11
4.1 Трудомісткість агрегування борони БР-6 з трактором.....	11
4.2 Експлуатаційно-технологічні показники роботи боронувального машинно-тракторного агрегату	13
ВИСНОВКИ.....	17
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	18
ДОДАТКИ.....	19

ВСТУП

Одне із чільних місць у сівозмінах вирощування сільськогосподарських культур займає пар, як один із найкращих попередників під озиму пшеницю. На півдні України його застосування спрямоване на вирішення двох проблем. Перша із них, як стверджував відомий ґрунтознавець В.Р. Вільямс, – це боротьба із бур'янами, а друга – накопичення вологи у ґрунт [1]. Із цього цілком зрозуміло, що у районах із достатнім вологозабезпеченням застосування парів обумовлене лише потребою знищення бур'янів.

Водночас, якщо першу із вказаних проблем сільгоспвиробники півдня України у принципі практично вирішувати можуть, то другу – ще ні. Досить часто на момент посіву озимини ґрунт, повністю вільний від бур'янів, у посівному своєму шарі (0...10 см) не має доступної для сходів вологи. А це змушує аграріїв або ризикувати, сіючи зерно у сухий ґрунт, або повністю відмовлятися від цієї технологічної операції.

Головною причиною такого стану речей є відсутність необхідної технології, а значить і технічних засобів для обробітку пару в умовах півдня України. Згідно з існуючим технологічним регламентом аграрії цю технологічну операцію здійснюють у два етапи: весняний і літній. При цьому враховують спосіб осіннього основного обробітку ґрунту.

За умови його оранки восени навесні спочатку проводять боронування агротехнічного фону зубовими боронами. Потім, по мірі проростання бур'янів, здійснюють кілька суцільних культивацій на глибину 12...14 см. У літній період глибину такого обробітку парового поля зменшують до 6...8 см [2].

Якщо ж восени здійснювався безполицевий обробіток (у тому числі і основний) обробіток ґрунту, то ранньої весни замість зубових борін застосовують дискові луцильники або борони. Подальший обробіток парового поля проводять знаряддями для суцільної культивації. У весняний період – на глибину 12...14, а у літній – на глибину 6...8 см.

Зазвичай, обидва вищеописані традиційні технології обробітку пару є результативними лише в умовах його достатнього вологозабезпечення. На півдні України такі технологічні рішення можуть гарантувати лише знищення бур'янів.

Для утримання і накопичення вологи у ґрунті парового поля слід здійснювати іншу технологію. Суть її полягає у систематичному обробітку ґрунту на глибину не більше 5...6 см. Певною мірою це схоже на технологію, яка у минулі часи досить ефективно використовувалася І. Овсінським [3].

Відміна полягає у застосуванні принципово інших робочих знарядь. Одним із таких є ротаційна борона БР-6, яка виробляється ТОВ «Оріхівсільмаш» (Запорізька обл.). Голчастий робочий орган цього знаряддя здійснює мілке (до 5...6 см) розпушування верхнього шару ґрунту. Унаслідок цього порушується його капілярна система, за рахунок чого суттєво зменшується випаровування вологи.

З огляду на новизну конструкції борони БР-6 першою задачею перед її практичним застосуванням є оцінка експлуатаційно-технологічних параметрів її роботи у агрегаті із трактором.

1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ

- 1.1 Визначення трудомісткості агрегування ротаційної борони БР-6 з трактором.
- 1.2 Експлуатаційно-технологічна оцінка роботи дослідного боронувального машинно-тракторного агрегату.

2 ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. **Об'єкт досліджень** – роторна борона БР-6 у агрегаті з універсально-просапним трактором тягового класу 1,4 (МТЗ-892, рис. 2.1).



Рис. 2.1. Боронувальний агрегат у складі трактора МТЗ-892 і роторної борони БР-6

Коротка технічна характеристика борони БР-6

Конструктивна ширина захвату, м	6,12
Кількість робочих секцій, шт.	25
Кількість робочих органів (роторів), шт.	52
Відстань між секціями, мм	250
Відстань між роторами, мм	120
Кут атаки робочих органів, град.	0

3 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Оцінка трудомісткості агрегування борони з трактором

Трудомісткість (T_a) складання машинно-тракторного агрегату (МТА) – це сумарні витрати часу мінімально необхідною кількістю обслуговуючого персоналу на здійснення операцій приєднання/від'єднання машини/знаряддя до/від трактора та по переводу МТА із транспортного положення у робоче і навпаки.

Величину T_a для оцінюваного борону вального агрегату розраховували за наступною формулою:

$$T_a = \sum_{i=1}^m n_i \cdot t_i, \quad (3.1)$$

- де m – кількість операцій приєднання/від'єднання борони БР-6 до/від трактора та по переводу МТА із транспортного положення у робоче і навпаки;
 n – кількість персоналу, виконуючого i -ту операцію з агрегування боронувального МТА, люд.;
 t – час виконання i -тої операції, год.

Так як агрегування МТА у складі борони БР-6 і трактора МТЗ-892 здійснював оди механізатор, то формула (3.1) була такою:

$$T_a = \sum_{i=1}^m t_i. \quad (3.2)$$

Вихідний стан ротаційної борони БР-6 у процесі оцінювання трудомісткості її агрегування – положення для транспортування.

Після переїзду боронувального МТА із місця дислокування до оброблюваного поля оцінювали трудомісткість переводу борони БР-6 із транспортного положення у робоче.

Вказаний процес складався із наступних операцій:

- під'їзд трактора з відстані 5 м до приєднувального механізму борони;
- приєднання нижніх і центральної тяг заднього навісного механізму (ЗНМ) трактора до приєднувального механізму борони;
- підйом борони у верхнє положення;
- установка опорних коліс борони у робоче положення;
- установка опорного стояка борони у транспортне положення.

Після завершення роботи боронувального МТА оцінювали трудомісткість його переводу із транспортного положення у робоче. Цей процес складався із таких операцій:

- підйом борони у транспортне положення;
- установка опорних коліс борони у транспортне положення;
- установка опорного стояка борони у робоче положення;
- опускання борони;
- від'єднання нижніх і центральної тяг ЗНМ трактора від приєднувального механізму борони;

- під'їзд трактора до транспортного дишла борони;
- приєднання нижніх тяг ЗНМ трактора до транспортного дишла борони;
- установка опорного стояка борони у транспортне положення.

Тривалість кожної операції реєстрували секундоміром з точністю до 5 с. Отримані дані використовували для остаточного розрахунку трудомісткості агрегування борони БР-6 з трактором МТЗ-892 за формулою (3.2).

3.2 Визначення експлуатаційно-технологічних показників роботи боронувального МТА

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

Крім вказаних у даному додатку показників додатково реєстрували:

- вологість, щільність і забур'яненість ґрунту;
- глибину обробітку ґрунту бороною;
- робоча ширина захвату агрегату;
- швидкість робочого руху МТА.

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. 3.1), створений на основі нового способу оцінювання цього важливого показника [4].



Рис. 3.1 – Прилад для вимірювання щільності ґрунту

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

Для визначення забур'яненості ґрунту (Z_r , г/м²) до та після його обробітку використовували квадратну рамку, площею 0,5 м² (рис. 3.2), а також електронні ваги. Величину Z_r розраховували наступним чином:

$$Z_r = 2 \cdot m_{\delta},$$

де m_{δ} – маса бур'янів, зосереджених в межах рамки площею 0,5 м².



Рис. 3.2 – Методика вимірювання забур'яненості агротехнічного фону поля

Для вимірювання глибини боронування ґрунту бороною БР-6 використовували глибиномір (рис. 3.2)

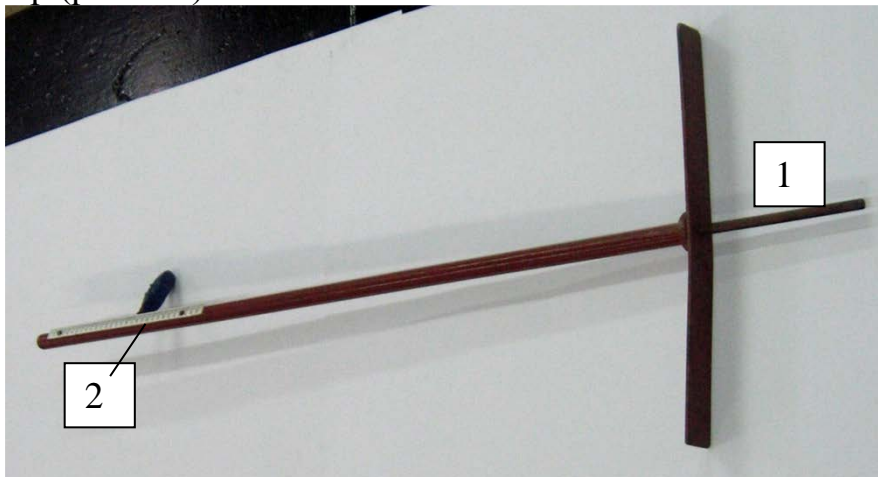


Рис. 3.2 – Прилад для вимірювання глибини обробітку ґрунту бороною БР-6: 1 – рухомий штир; 2 – лінійка

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

Для таких характеристик ґрунту, як вологість, щільність і забур'яненість, необхідну кількість проб (n) визначали із виразу [5]:

$$n = t^2 \cdot V^2 / \Delta^2, \quad (3.3)$$

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

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

В більшості технічних задач визначати похибку вимірювань з точністю, більшою за 10%, – немає потреби [6]. Виходячи з цього в розрахунках нами було прийнято $\Delta = 0,1$.

З урахування цього формулу (3.3) використовували у наступній остаточній редакції:

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

Для визначення ширини захвату боронувального МТА перед його проходом від сліду крайнього робочого органу на певній заданій відстані L (у процесі лабораторно-польових досліджень L дорівнювало 10 м) з кроком 1 м установлювали 30 кілочків. Після походу агрегату рулеткою вимірювали відстань (h_i) від кожного кілочка до крайнього прокладеної під час дослідження сліду (рис. 3.3). Робочу ширину захвату ґрунтообробного машинно-тракторного агрегату (B_p) знаходили із виразу:

$$B_p = L - h_i.$$

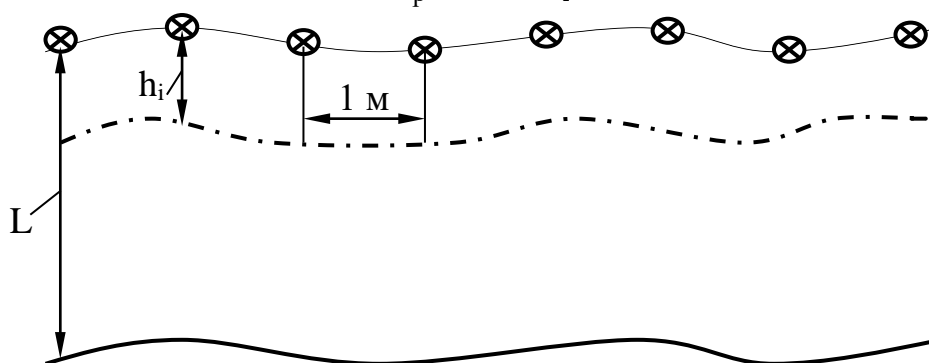


Рис.3.3 – Схема визначення робочої ширини захвату боронувального МТА:

- - 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 [7]. При виконанні МТА технологічного процесу секундоміром реєстрували час (t) його проходження залікової ділянки. Шукану значину режиму руху агрегату розраховували при цьому із виразу:

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

Витрати пального боронувальним машинно-тракторним агрегатом визначали після завершення зміни методом контрольованої дозправки палимним енергетичного засобу, з яким проводили випробування борони.

Для глибини обробітку ґрунту бороною БР-6 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 та нормовану кореляційну функцію.

4 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Трудомісткість агрегування борони БР-6 з трактором

Як уже підкреслювалося у методичному розділі, агрегування роторної борони БР-6 з трактором МТЗ-892 здійснював один механізатор (рис. 4. 1).



Рис. 4.1 – Налаштування боронувального агрегату із транспортного положення у робоче (а) і навпаки (б)

Результати агрегування ґрунтообробного агрегату у складі трактора МТЗ-892 і борони роторної БР-6 представлені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Трудомісткість агрегування боронувального МТА

Назва операції	Трудо- місткість, люд.·год
Налаштування агрегату у робоче положення	
Під'їзд трактора до приєднувального механізму борони	0,003
Приєднання нижніх і центральної тяг ЗНМ трактора до приєднувального механізму борони	0,083
Підйом борони у верхнє положення	0,001
Установка опорних коліс борони у робоче положення	0,070
Установка опорного стояка борони у транспортне положення	0,003
РАЗОМ:	0,160
Налаштування агрегату у транспортне положення	
Підйом борони у транспортне положення	0,001
Установка опорних коліс борони у транспортне положення	0,075
Установка опорного стояка борони у робоче положення	0,003
Опускання борони	0,001
Від'єднання нижніх і центральної тяг ЗНМ трактора від приєднувального механізму борони	0,007
Під'їзд трактора до транспортного дишла борони	0,010
Приєднання нижніх тяг ЗНМ трактора до дишла борони	0,002
Установка опорного стояка борони у транспортне положення	0,001
РАЗОМ:	0,100

Із їх аналізу випливає наступне. По-перше, трудомісткість налаштування агрегату у транспортне положення становить 0,100 люд.·год. Це означає, що для здійснення цього процесу одному механізатору достатньо 6 хвилин.

По-друге, трудомісткість налаштування боронувального машинно-тракторного агрегату у робоче положення становить 0,160 люд.·год. А це означає, що одному механізатору для здійснення цього процесу потрібно приблизно 10 хвилин. Хоча цей час і незначний, але у будь-якому випадку він у 1,6 рази більший, ніж для процесу налаштування агрегату у транспортне положення.

Основна причина такого результату обумовлена схемою приєднання нижніх та центральної тяг заднього навісного механізму трактора МТЗ-892 до рами роторної борони БР-6 (рис. 4.2).

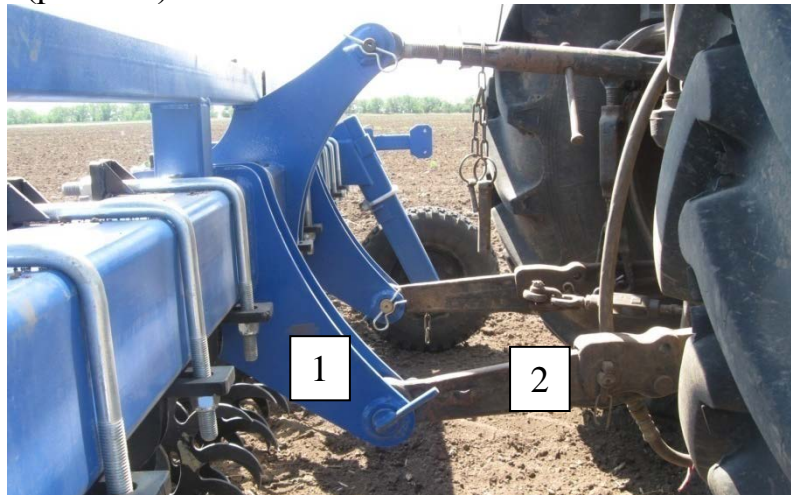
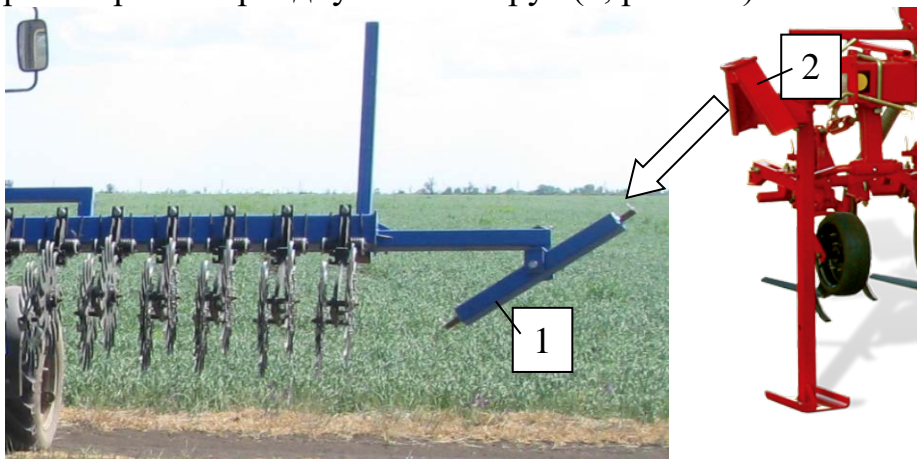


Рис. 4.2 – Схема приєднання тяг ЗНМ трактора до борони:
1 – нижній приєднувальний бугель борони; 2 – нижня тяга ЗНМ трактора

Проблема полягає у складності точного попадання шарнірів нижніх тяг заднього навісного механізму трактора 2 у провущини нижніх бугелів борони 1 під час їхнього агрегування. У цілому без сторонньої допомоги цю операцію одному механізатору здійснювати досить складно.

Для усунення цього недоліку раму роторної борони БР-6 доцільно обладнати автоматичним зчіпним пристроєм типу СА-2. Певна річ, що для цього потрібно транспортний приєднувальний брус (1, рис. 4.3) замінити на замок (2, рис. 4.3).



1 – транспортний приєднувальний брус борони
2 – замок автозчіпки

Рис. 4.3 – Варіант переобладнання транспортного дишла борони

4.2 Експлуатаційно-технологічні показники роботи боронувального машинно-тракторного агрегату

Випробування боронувального агрегату проводили у дослідному господарстві Таврійського державного агротехнологічного університету, яке розташоване у с. Лазурне (Запорізька обл., Мелітопольський р-н). МТА застосовувався на обробітку парових полів. Ґрунтові умови проведення випробувань наведені у табл. 4.2.

Таблиця 4.2

Умови проведення експлуатаційно-технологічної боронувального МТА

Показник	Значина
Тип ґрунту	Темно-каштановий
Рельєф	Рівний
Мікрорельєф	Вирівняний
Агротехнічний фон	Поле під паром
Вологість ґрунту в шарі 5...10 см, %	19...21
Щільність ґрунту в шарі 5...10 см, г/см ³	1,20...1,22
Кількість бур'янів, г/м ²	12...17

Згідно п. 3.7 вимог, викладених у додатку А, дослідний агрегат мав знаходитися під хронографію не менше 3 контрольних змін, тривалістю кожна 6 год. У дійсності було проведено 5 контрольних змін. Загальна площа обробітку боронувальним агрегатом склала 198 га.

При цьому виявилось, що середня значина робочої ширини захвату дослідним МТА становила 6,01 м. Середня значина робочої швидкості агрегату дорівнювала при цьому 14,8 км/год. У підсумку продуктивність роботи боронувального агрегату за 1 год основного (чистого) часу була на рівні 8,91 га/год. (табл. 4.3). За такої продуктивності питомі витрати дизельного пального агрегатом не перевищували 1,1 л/га.

Випробування показали, що дослідний агрегат має малі витрати часу під час маневрування на поворотній смузі. Доказом цього факту є досить висока значина коефіцієнта робочих ходів, яка дорівнює 0,93.

Завдяки цьому боронувальний агрегат у складі трактора МТЗ-892 і роторної борони БР-6 має досить високий коефіцієнт використання часу зміни. В умовах випробувань середня значина цього показника становила 0,85.

Розглядуваний машинно-тракторний агрегат протягом п'яти контрольних змін роботи не мав **жодної** технічної відмови. Унаслідок цього коефіцієнт використання експлуатаційного часу зміни був таким же, як і коефіцієнт використання часу зміни, тобто 0,85.

Як впливає із даних табл. 4.3, глибина обробітку парових полів варіювала в діапазоні, довірчий інтервал якого становив $6,8 \pm 0,1$ см. Середнє квадратичне відхилення даного параметра було $\pm 0,6$ см, а коефіцієнт варіації – 8,8%. За такої значини останнього варіабельність випадкового процесу вважається низькою [5], що у принципі є бажаним.

Експлуатаційно-технологічні показники боронувального машинно-тракторного агрегату

№ п/п	Показник	Значення
1	Склад агрегату: трактор с.-г. машина/знаряддя	МТЗ-892 Борона БР-6
2	Вид роботи	обробіток пару
3	Умови і режим роботи:	
	- вологість ґрунту, %	19...21
	- щільність ґрунту, г/см ³	1,20...1,22
	- забур'яненість, шт.(г)/м ²	12...17
	- робоча швидкість руху, км/год	14,8
	- ширина захвату, м	6,01±0,01
	- глибина обробітку ґрунту, см	6,8±0,1
	Час основної роботи, год	4,50
	Технологічний час, год	4,84
	Час зміни, год	5,27
	Експлуатаційний час, год	5,27
4	Обсяг виконаної роботи, га	198
5	Продуктивність роботи, га за 1 год:	
	- основного часу	8,91
	- технологічного часу	8,22
	- змінного часу	7,55
	- експлуатаційного часу	7,55
6	Питомі витрати пального, л/га	1,1
7	Затрати праці, люд.·год/га	0,13
8	Експлуатаційно-технологічні показники:	
	- коефіцієнт робочих ходів	0,93
	- коефіцієнт технологічного обслуговування	0,99
	- коефіцієнт надійності технологічного процесу	1
	- коефіцієнт використання технологічного часу	0,92
	- коефіцієнт використання змінного часу	0,85
	- коефіцієнт використання експлуатаційного часу	0,85

Практичним доказом досить високої стабільності руху робочих органів ротаційної борони у поздовжньо-вертикальній площині проєкцій є нормована кореляційна функція процесу коливань глибини обробітку ґрунту даним ґрунтообробним знаряддям (рис. 4.4). Як видно із її аналізу, даний випадковий процес не має періодичної складової. У принципі його можна вважати аперіодичним.

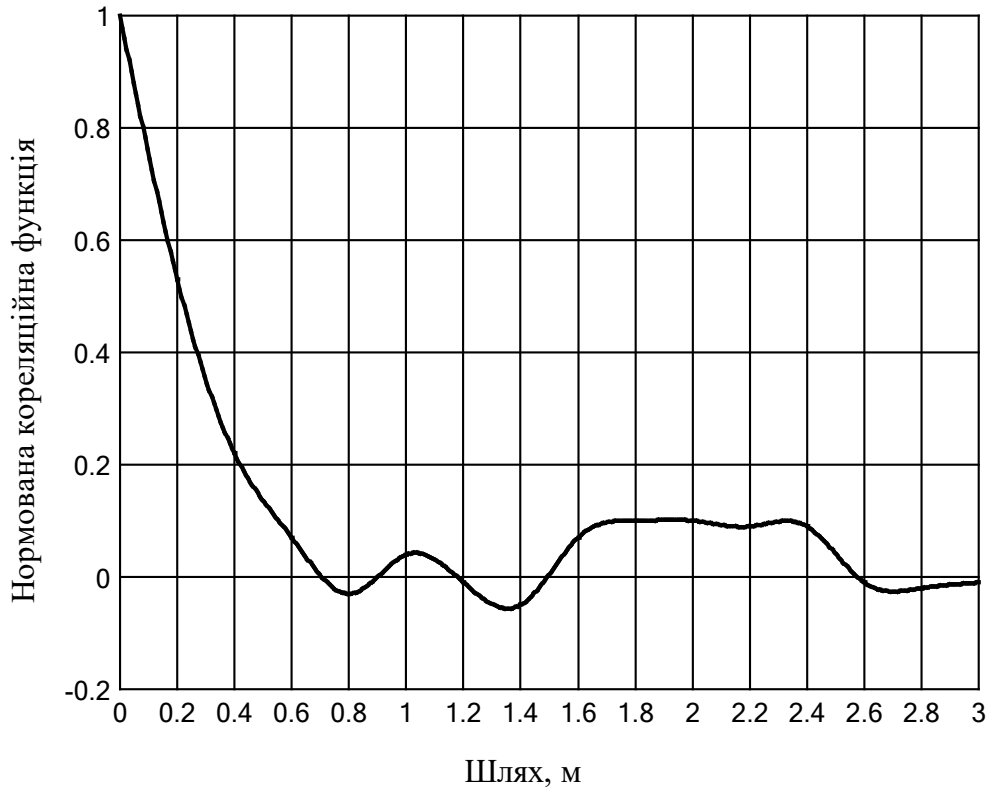


Рис. 4.4 – Нормована кореляційна функція коливань глибини обробки ґрунту роторною бороною БР-6

Якість обробки парового поля можна вважати відмінною, оскільки роторна борона не тільки розпушувала верхній шар ґрунту, а забезпечувала практично повне (99%) знищення бур'янів (рис. 4.5).



Рис. 4.5 – Вигляд поля до (справа) і після (зліва) проходження боронувального агрегату

Ще кращий ефект роторна борона забезпечувала у процесі розпушування ґрунтової кірки (рис. 4.6).



Рис. 4.6 – Вигляд обробленого поля (а) після розпушення ґрунтової кірки (б)

Як бачимо із рис. 4.6а, ступінь розпушування ґрунтової кірки становить практично 100%. Результатом цього обробітку є мульчувальний шар ґрунту товщиною 6...7 см, що передумовою захисту глибшого шару ґрунтового середовища від випаровування вологи у процесу догляду за паром. При цьому слід підкреслити абсолютну надійність технологічного процесу, здійснюваного бороною БР-6. Прямим доказом достовірності такого висновку є коефіцієнт надійності технологічного процесу, значина якого дорівнює 1 (див. табл. 4.3).

У роботі [7] викладено результати випробувань роторної борони Динар-6,4, яку агрегували із трактором John Deere, потужність двигуна якого становить 130 к.с. Боронувальний агрегат здійснював технологічний процес зі швидкістю 8...12 км/год. Глибина обробітку ґрунту дорівнювала при цьому 7,4 см.

Оцінювана у процесі польових випробувань борона БР-6 агрегувалася з трактором МТЗ-982, потужність двигуна якого дорівнює 89 к.с. Це на 31% менше, ніж у вищезгаданого трактора John Deere, який агрегувався з бороною Динар-6,4. Прості розрахунки показують, що навіть трактор МТЗ-892 з бороною, ширина захвату якого знаходиться на рівні 6 м, є недовантаженим. Причому як за потужністю двигуна, так і за тяговим зусиллям. Звідси однозначно випливає, що трактор John Deere з більш потужним двигуном у агрегаті з бороною, ширина захвату якої становить лише 6,4 м, буде недовантаженим ще більше. А це не може негативно не відбитися на питомих витратах пального. Можливо саме з цієї причини роботи [7] цього показника і не проводять.

Для більш ефективної роботи розповсюдженого на теренах України трактора тягового класу 1,4 (типу МТЗ-892) з роторною бороною ширина захвату останньої має бути збільшена. Установлення рівня такого збільшення ширини захвату борони потребує проведення спеціальних розрахунків і їх перевірки у лабораторно-польових умовах.

ВИСНОВКИ

1. Трудомісткість налаштування трактора типу МТЗ-892 з роторною бороною БР-6 у транспортне положення становить 0,100 люд.·год. Для здійснення цього процесу одному механізатору достатньо **6** хвилин.
2. Трудомісткість налаштування боронувального машинно-тракторного агрегату у робоче положення у 1,6 рази більша і становить 0,160 люд.·год. Для зменшення цього показника до рівня 0,100 люд.·год. роторну бороною бажано обладнати автоматичним зчепом типу СА-2.
3. Лабораторно-польовими випробуваннями встановлено, що середня значина робочої ширини захвату дослідним МТА становила 6,01 м. Середня значина робочої швидкості агрегату дорівнювала при цьому 14,8 км/год. У підсумку продуктивність роботи боронувального агрегату за 1 год основного (чистого) часу була на рівні 8,91 га/год. За такої продуктивності питомі витрати дизельного пального агрегатом не перевищували 1,1 л/га.
4. Глибина обробітку парових полів варіювала в діапазоні, довірчий інтервал якого становив $6,8 \pm 0,1$ см. Середнє квадратичне відхилення даного параметра було $\pm 0,6$ см, а коефіцієнт варіації – 8,8%. За такої значини останнього варіабельність випадкового процесу вважається низькою, що у принципі є бажаним.
5. Робота ротаційної борони БР-6 характеризувалася високою стабільністю руху її робочих органів у поздовжньо-вертикальній площині проєкцій. Доказом цього факту є нормована кореляційна функція процесу коливань глибини обробітку ґрунту даним ґрунтообробним знаряддям, яка практично не має у своєму складі періодичної складової.
6. Боронувальний агрегат у складі трактора МТЗ-892 і роторної борони БР-6 протягом п'яти контрольних змін на загальній обробленій площі **198 га** не мав жодної технічної відмови. Унаслідок цього коефіцієнт використання експлуатаційного часу зміни був таким же, як і коефіцієнт використання часу зміни, тобто 0,85. Надійність технологічного процесу при цьому була абсолютною, що засвідчує значина коефіцієнту надійності цього процесу на рівні 1,0.
7. Для більш ефективної роботи розповсюдженого на теренах України трактора тягового класу 1,4 (типу МТЗ-892) з роторною бороною ширина захвату останньої має бути збільшена. Установлення рівня такого збільшення даного конструктивного параметру потребує проведення спеціальних розрахунків і їх перевірки у лабораторно-польових умовах.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Вильямс В.Р. Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения. М.: ОГИЗ-СЕЛЬХОЗГИЗ, 1940. 448 p.
2. Tsilurik O. Efektyvnist' chornogo paru // Agrobiz. s'ogodni. 2018. № 17. P. 68–71.
3. Овсинский И.Е. Новая система земледелия. М., 1909. 103 p.
4. Nadykto V., Kotov O. Method for determining soil bulk density (in Ukrainian: Sposib viznachennya shchilnosti gruntu): pat. UA 97828, G 01N 1/00 USA. Ukraine, 2015.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки исследований). М. : Агропромиздат, 1985. 351 p.
6. Lur'e A.B. Statistical dynamics of agricultural sets. L.: Kolos (in Russian), 1970. 376 p.
7. Bulgakov V. et al. Theoretical background for increasing grip properties of wheeled tractors based on their rational ballasting // Agraarteadus. 2019. Vol. 30, № 2. P. 78–84.
8. Шустік Л., Нілова Н., Супрун В., Нілов А. Випробування ротаційної борони // Агробізнес сьогодні, 2018, №17.

ДОДАТКИ

Додаток А

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

Київ – 2017

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 (поперед-

ник, 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 елементу 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, агрегатованих 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 – $\tau_{\text{ек}}$:

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

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 – $n_{\text{тех}}$:

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

де $N_{\text{техн}}$, $N_{\text{техн}}$ – 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 марка с.-г. машин)

Механізатор _____

Допоміжний обслуговуючий персонал, люд. _____

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

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 Т₁₀) _____**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 елементу 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 (підймання 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	T_5	Витрати часу на щоденне технічне обслуговування випробовуваної техніки, її очищення, змазу-

обслуговування		вання, 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		