

ДОСЛІДЖЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ І ПРОВЕДЕННЯ МЕХАНІЗОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ У РОСЛИННИЦТВІ

Зубко Владислав Миколайович

доктор технічних наук, професор
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0002-2426-2772
vladyslav.zubko@snau.edu.ua

Хворост Тетяна В'ячеславівна

кандидат економічних наук, доцент
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0002-8863-8126
tetiana.khvorost@snau.edu.ua

Тесленко Олена Володимирівна

PhD студент
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0009-0001-3177-9462
olena.vl.teslenko@gmail.com

Барабаш Григорій Іванович

кандидат технічних наук, доцент
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0003-1075-479X
grinya45@ukr.net

Омельченко Євгеній Михайлович

PhD студент
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0009-0009-2710-9579
evgeniy.mh.omelchenko@gmail.com

Романовський Максим Олександрович

PhD студент
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0009-0007-6500-6437
M.o.romanovskiy@gmail.com

Сучасний аграрний сектор має великий вплив на динаміку економічного розвитку країни. На тлі повномасштабної війни в Україні, відбувається значне зменшення посівних площ. На тих угіддях, які обробляються треба забезпечити максимальне можливе збільшення продуктивності виробництва, шляхом поліпшення якості технологічних операцій, оптимізації режимів руху машинних агрегатів при забезпеченні механізованих агротехнологій та зменшення витрат на виробничий процес.

Тому такий показник, як продуктивність і шляхи його підвищення не просто задача номер один, яка стоїть перед аграріями, а національний пріоритет.

У статті підняті питання необхідності підвищення ефективності агровиробництва, в умовах війни. Наголошено на необхідності впровадження інновацій – стимулювання досліджень та розробок нових технологій та матеріалів для виробництва та експлуатації техніки для агровиробництва. Наприклад, таких, технологій, як «GIS technologies». Розглянуто один із методів ефективного управління продуктивністю – «precision farming».

Аналіз останніх досліджень та публікацій показує, що у сучасних умовах розвитку ринкових відносин ефективність машинних агрегатів має велике значення. Досягнення високої ефективності техніки у сільському господарстві дозволяє збільшити врожайність, знизити витрати та підвищити конкурентоспроможність агровиробництв.

Наукова спільнота визначила, що продуктивність МА залежить від багатьох показників, які пов'язані між собою, а саме: швидкість руху, ширина захвату, номінальна потужність двигуна, тягове зусилля засобу, спосіб розвороту, коефіцієнт робочих ходів, ефективно використання робочого часу та ін.

Дослідження застосування часу зміни оператора трактора та раціональне використання тракторного агрегату було більш детально розглянуто в статті.

Були проведені експерименти методом хронометражного спостереження наступних технологічних операцій: заробка рослинних решток (методом мульчування), збирання урожаю (кукурудза), оранка.

Наведені такі дані: тривалість проведення кожного елементу технологічної операції; конструктивну та фактичну ширину захвату; витрати палива за досліджуваний проміжок часу, порівняно з показниками комонцентру енергетичного засобу; тривалість кожного елементу робочого часу та тривалість всіх операцій разом за досліджуваний проміжок часу.

Розрахунковим методом визначено наробіток (тривалість або обсяг роботи):

– визначено продуктивність машинного агрегату – змінну (з використанням навігаційної системи машинного агрегату) та фактичну (на основі зібраних даних, отриманих після проведення хронометражу);

– визначено продуктивні та непродуктивні затрати часу та за допомогою коефіцієнту використання часу зміни визначено чисту роботу машинно-тракторного агрегату.

Розраховані та проаналізовані коефіцієнт використання часу зміни та продуктивність МА за досліджуваний період використання, для оцінки ефективності експлуатації МА на досліджуваних господарствах.

Ключові слова: технологічна операція, машинний агрегат, хронометраж, продуктивність, якість, коефіцієнт використання часу зміни, швидкість руху, ширина захвату, precision farming.

DOI <https://doi.org/10.32782/msnau.2024.1.5>

Вступ. Основною умовою високого рівня соціально-економічного розвитку села є продовольче та сировинне забезпечення країни, її економічної незалежності. Як було закріплено в законодавстві України принцип пріоритетності соціального розвитку села та агропромислового комплексу, який зберігається в ньому і до цього часу (Закону України, Документ 400-XII, 1990).

В сучасному аграрному виробництві України необхідно виділити чотири основні групи виробників агропродукції: домашні господарства; приватні підприємства; підприємства колективної власності, які є більш характерними для малого і середнього агровиробника; агрохолдинги, які можуть бути, як малими, так і великими агровиробниками. Великі форми агро вибирають холдингову форму організації.

Особливістю кожного типу підприємств є різний земельний банк, відповідно різний кількісний і якісний склад комплексів машин та використання систем ефективної роботи техніки при виробництві продукції рослинництва. Це обумовлено ступенем фінансового забезпечення та рівнем запровадження систем «Precision Farming» у господарстві.

Виробнича діяльність фермерських господарств і аграрних підприємств, в умовах ринкової економіки, все частіше набуває форми підприємницького бізнесу. На сучасному етапі розвитку аграрного виробництва та зі зміною земельного банку агровиробникам дається свобода у виборі та визначення напрямку виробництва, обсягів посівних площ, постачальників потрібних ресурсів та ринків збуту аграрної продукції.

Але в умовах складної економічної ситуації, фінансової кризи, яку спричинила війна, перед агровиробниками постають нові виклики, які потребують від керівників та фахівців розробки та ухвалення управлінських рішень, які вимагають принципово нових підходів організації агробізнесу та ефективного менеджменту.

Одним з ефективних важелів на підвищення ефективності агровиробництва є впровадження нових технологій в аграрному бізнесі, таких наприклад, як «GIS technologies». Новітні технології дають можливість покращувати якість врожаю, зменшувати витрати пального, посівного матеріалу, добрив, впливати на розподіл робочої сили, логістику, тим самим дають можливість

збільшити прибутки та зменшити використання ресурсів та найголовніше зменшити руйнівний вплив на довкілля.

Однією з таких технологій є метод «Precision Farming». Під назвою «точне землеробство», на думку автора статті (Soloviov A.I., 2014) розуміється управління продуктивністю посівів з урахуванням змінності факторів, що впливають на рослини в межах полів.

Системи «Precision Farming» базуються на новому погляді на агровиробництво, в якому аграрні угіддя, неоднорідне за агрохімічним вмістом поживних речовин, за рельєфом та потребує, умовно кажучи, застосування оптимального управління для кожного квадратного метра поля (Tochne..., 2023).

З впровадженням технології «Precision Farming» вимоги до рівня знань та формату праці оператора енергетичного засобу кардинально змінилися. На сьогодні тракторист-машиніст за своїм характером діяльності наближається до праці індустріального працівника та спеціаліста технолога агровиробництва, тим самим вимагаючи від оператора трактора не лише фізичних, але й розумових зусиль.

Відповідно і ступінь використання допоміжних систем на агротехніці також різний. Сучасні системи не лише направлені на максимальне забезпечення потреб рослин, а і на підвищення ефективності роботи самого оператора, а значить і на зміну τ (коефіцієнт використання часу зміни).

Аналіз останніх публікацій. На думку автора статті (Kutkovetska T.O. & Berezhovskiy A.P., 2020) одним з головних показників роботи машинних агрегатів (МА) є якість виконання механізованих технологічних операцій. Для деяких із них вона залежить від якості технологічних матеріалів. Показники якості дають змогу оцінити роботу МА на предмет дотримання оптимальних умов для росту і розвитку рослини (Antoshchenkov V.M. & Antoshchenkov R.V., 2011).

Конструктивні параметри МА розраховані на визначену якість виконання механізованих робіт, але у виробничих умовах вони реалізуються не повністю. Причина – це склад ґрунтів, технічне налагодження агрегату, стан робочого матеріалу, погодні умови, кваліфікація механізатора і так далі (Melnyk I.I., et.al., 2007).

Склад комплексів машин, а також структура машинного парку, в цілому обумовлюється механізованими технологічними процесами вирощування та збирання продуктів агровиробництва, основою яких є технологічні операції, що передбачають виконання необхідних і достатніх обсягів робіт, починаючи з підготовки ґрунту і завершуючи збиранням та первинною обробкою (Zubko V. M., 2008).

Наукова спільнота (Pratt, Alejandro & Yu, Bingxin, 2008, Headey D., et.al. 2010, Aweke C.S., et.al., 2021, Alene A.D., 2010) визначила технологічні зміни, як основне джерело зростання продуктивності аграрного виробництва. Однак важливо зазначити, що впровадження інновацій у чітко визначеному контексті є важливим для спостереження за технічною еволюцією, а стійка та добре структурована система досліджень в АПК, є необхідною умовою для розробки цих інновацій (Yannick Fosso Djoumessi, 2021).

Одним із найважливіших показників ефективності функціонування МА є продуктивність роботи (I) за 1 годину основного часу. На практиці вона характеризується робочою швидкістю руху МА (V_p) та робочою шириною захвату (B_p) МА (Nadykto, V. T. & Kiurchev, V. M., 2018).

Продуктивність МА значною мірою залежить від робочої ширини захвату, швидкості руху, номінальної потужності двигуна, тягового зусилля енергетичного засобу, коефіцієнту робочих ходів, а також від раціонального використання робочого часу (Dovzhyk M. Ya, et.al., 2021).

Існує багато питань, які є предметом для подальших досліджень щодо ефективної організації і проведення механізованих технологічних операцій у рослинництві. Тому вказана проблема є дуже актуальною.

Постановка завдання. Завданням статті є дослідження ефективності організації і проведення механізованих технологічних операцій у рослинництві; дослідження складових часу зміни та якості операцій.

Мета дослідження. Дослідження часу зміни використання машинних агрегатів на різних механізованих технологічних операціях хронометражем у різних типах господарств.

Матеріали і методи досліджень:

Обладнання:

Листи спостереження (хронометражу), навігатор, шпагат, сажень, лазерна рулетка, дерев'яні кілки, металева лінійка, щуп, секундомір, олівці.

Основні задачі хронометражного дослідження:

- аналіз основних умов, в яких виконувалась механізована технологічна операція;
- визначення витрат палива машинними агрегатами;
- визначення кінематичних розмірів машинних агрегатів;
- визначення складових елементів робочого часу зміни при виконанні механізованих технологічних операцій та часу на їх виконання;
- визначення наробітку (тривалість або обсяг роботи);
- визначення продуктивності машинного агрегату – змінну (з використанням навігаційної системи машинного агрегату) та фактичну (на основі зібраних даних, отриманих після проведення хронометражу, за формулою);
- визначення продуктивних та непродуктивних витрат часу та за допомогою коефіцієнту використання часу зміни визначити чисту роботу МА.

Хронометражні спостереження проводились у господарствах третьої та четвертої групи. Вихідні дані під час проведення експериментів наведені в таблиці 1.

Опис методики проведення спостережень і застосування методів дослідження:

Підготовка до проведення хронометражних спостережень (підготовчий):

1. В лист спостереження занесені наступні дані:

- назву агрегату, вид робіт, відомості по досліджуваному господарству, прізвище та ініціали оператора трактора та хронометражиста;

Таблиця 1

Вхідна інформація для проведення дослідження

№ з/п	Місце проведення	Дата проведення	Вид обробітку	Склад машинних агрегатів	Рельсф та ґрунт	Умови проведення хронометражу
1	Сумська область, Лебединський район	24.10.2023	Подрібнення рослинних решток	Case 400, (трактор 17:693; машина 20:355, 20:378), Balzer	З похилом; супісковий	Фон – стерня; Забур'яненість – невелика; Вологість ґрунту – невелика; Висота стеблостою – 24 см.
2	Сумська область, Сумський район	08.11.2023	Збирання кукурудзи	Jon Deer S670i, Olimac Draga SR	Рівний, з похилом; супісковий	Фон – засіяне поле; Забур'яненість – невелика; Вологість ґрунту – дуже висока; Висота стеблостою – 196 см.
3	Сумська область, Сумський район	10.11.2023	Збирання кукурудзи	Jon Deer S670i, Olimac Draga SR	Рівний, з похилом; супісковий	Фон – засіяне поле; Забур'яненість – невелика; Вологість ґрунту – дуже висока; Висота стеблостою – 196 см.
4	Сумська область, Сумський район	24.11.2023	Класична оранка	Jon Deer 8320R, плуг Pottinger Servo 6.50	Рівний, з похилом; чорнозем	Фон – стерня; Забур'яненість – немає; Глибина обробітку – 28 см; Стан ґрунту – підмерзлий ґрунт; Висота стеблостою – 24,2 см

– умови та характеристику умов, де проходить експеримент (використовуючи сажень виміряти довжину та ширину заїмки, накреслити схему поля, визначити рельєф, тип ґрунту, агрофон поля, забур'яненість, вологість ґрунту, глибину обробітку, висоту стеблостою (солоність));

– зафіксовано реальний обсяг палива в баку перед початком технологічної операції;

– проведені виміри конструктивних розмірів МА.

2. Визначення координат поля та його форми.

Проведення спостереження (основний етап):

1. Зафіксовано у листі спостереження (хронометражу) час початку та закінчення кожного з елементів робочої зміни.

2. Зафіксовано у листі спостереження (хронометражу), з використанням навігаційної системи МА буксування та його швидкість при цьому.

3. Записані примітки в таблицю хронометражу.

4. Уточнена робоча ширина захвату: заміряно ширину обробленої ділянки після кількох проходжень МА.

5. Визначені якісні показники роботи МА.

Обробка зібраних даних (заключний):

1. Визначено тривалість проведення кожного елемента технологічної операції у відповідності до листа хронометражу (визначено шляхом віднімання часу завершення операції від часу початку наступної операції).

2. Визначено фактичну ширину захвату. За допомогою лазерної рулетки виміряно фактичну ширину заїмки. Ширина декількох заїмок визначається шляхом ділення отриманої величини на кількість гонів.

3. Визначено витрати палива за досліджуваний проміжок часу та порівняно з показниками «Common Centre» енергетичного засобу.

4. Визначено тривалість кожного елемента робочого часу та тривалість всіх операцій разом за досліджуваний проміжок часу.

5. Визначено наробіток (тривалість або обсяг роботи):

– продуктивність МА – змінну (з використанням навігаційної системи МА) та фактичну (на основі зібраних даних, отриманих після проведення хронометражу, за формулою);

– продуктивні та непродуктивні затрати часу та за допомогою коефіцієнту використання часу зміни визначено чисту роботу МА.

Результати досліджень. Для визначення продуктивності найчастіше використовують наступну формулу (Nadykto V.T., et al., 2019, Olasiuk Ya.V. 2016, Varabash H.I., et al., 2014, Shuliak M., et al., 2023, Melnyk V.I., et al., 2022):

$$W = 0,1 B_p V_p \tau, \quad (1)$$

де V_p – робоча швидкість МА, (км/год.);

B_p – робоча ширина захвату МА, (м);

τ – коефіцієнт використання часу зміни МА.

Підвищення продуктивності за рахунок збільшення швидкості агрегату та робочої ширини захвату не дає пропорційного приросту продуктивності польового МА.

Збільшення робочої швидкості машинного агрегату призводить до питомих витрат пального та недотримання технологічного процесу. Також робота на підвищених швидкостях, які відрізняються від нормативно встановлених для кожного МА і технологічної операції, спричиняє збільшення буксування, особливо при вологому ґрунті, що в свою чергу призведе до витрат пального. Робочі органи, при збільшенні швидкості, працюють інтенсивніше, що веде до неполадок та несправностей МА і призводить до непродуктивних втрат робочого часу на технічне та технологічне обслуговування і ремонт МА, та загалом до підвищення собівартості виробленої продукції. Тому іноді, при нерівній поверхні поля, наявності борозен, западин чи інших перешкод досвідчений оператор МА вдається до маневрування швидкісними режимами, що суттєво не призведуть до втрат палива та не вплинуть на якість виконання робіт. (Volodymyr Syvolapov et al., 2016).

Використання широкозахватних МА або збільшення ширини захвату робочого органу не дасть суттєвого результату. Зміна ширини захвату або використання широкозахватних польових агрегатів, відбувається за рахунок збільшення потужності та маси польової машини, що супроводжується зростанням вартості агрегату, ущільненням ґрунту та збільшенням питомих витрат палива. (Volodymyr Syvolapov et al., 2016).

Тому, коефіцієнт використання робочого часу зміни МА є одним з основних можливостей підвищити продуктивність. У балансі часу зміни є велика кількість складових, що показує непродуктивні затрати часу, які необхідно зменшувати, а збільшувати час чистої роботи МА.

Денна робоча зміна оператора трактора починається о 08.00 та закінчується о 19.00. Нічна зміна – початок о 20.00, закінчення о 07.00.

Окрім безпосередньої (чистої) роботи на полі, робоча зміна включає:

– підготовка трактора і робочої машини, агрегування і попередня налагодка агрегату проводиться двома операторами. Час підготовки операторами 20-40 хвилин;

– перерва на прийом їжі триває 20-30 хвилин через кожні 5 годин;

– кожні 5 годин оператор трактора робить дві зупинки по 10-15 хвилин (сюди входить час на особисті потреби та огляд МА).

Також до часу роботи оператора МА входять наступні види робіт: вибір способу руху в заїнці; тип розворотів; затрати часу на допоміжні операції (механізація завантаження зерна, добрив і насіння у сівалки, вивантаження зерна з бункера на ходу та ін.).

Слід зазначити, що тривалість робочої зміни може тривати до 24 години, хоча такий фактор, як втома оператора МА дуже недооцінюють, і він призводить до простою МА, іншими словами, до непродуктивних втрат робочого часу зміни.

Що стосується сівби, садіння, обприскування та збирання деяких культур, то на таких технологічних операціях роботи виконують протягом світлового дня.

На прикладі досліджуваних господарств розглянемо продуктивні і непродуктивні затрати часу. Експлуатаційно-технологічні показники роботи МА наведені в таблиці 2.

На прикладі досліджуваних господарств приведені зведені показники використання часу та проведені розрахунки по хронометражним спостереженням роботи МА в таблиці 3.

Результати та обговорення. З наведених вище розрахункових даних бачимо низький показник коефіцієнта використання часу зміни (τ) та, відповідно, невелику продуктивність МА (W). Проаналізувавши досліджувані фактичні дані використання робочого часу, можемо зробити висновок, що збільшення непродуктивних витрат часу значно зменшило зазначенні показники. А саме, на них вплинули такі фактори, як:

Аналізуючи технологічну операцію «Подрібнення рослинних решток методом мульчування» встановлено:

– ділянка у першому досліджуваному господарстві має неправильну форму, відповідно з різною довжиною гону, має кут нахилу 3° (рис.1). Щоб забезпечити якісне виконання операції «подрібнення рослинних решток» МА рухався під кутом 15° до рядів посіву. Ці маневри призвели до непродуктивних витрат часу за

рахунок збільшення кількості поворотів, переїздів та доїздів на інші полоси, а також до питомих втрат пального.

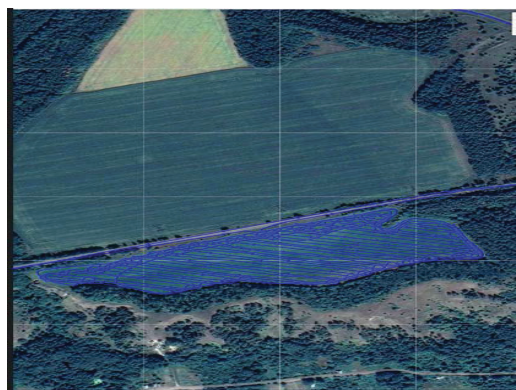


Рис. 1. Контур поля, дослід №1 (подрібнення рослинних решток методом мульчування)

Аналізуючи технологічну операцію «Збирання кукурудзи на зерно» встановлено:

Таблиця 2

Експлуатаційно-технологічні показники роботи МА

Показники	Вид технологічної операції			
	Подрібнення рослинних решток	Збирання урожаю (кукурудза)	Збирання урожаю (кукурудза)	Класична оранка
Швидкість руху, км/год	8-9	5.5-7	5.5-7	7-8
Ширина захвату, м:				
– конструктивна	8.1	5.6	5.6	3.4
– фактична	8.18	5.6	5.6	3.52
Продуктивність за досліджуваний період, га/год	3.75	0.58	1.07	2.07
Питомі витрати пального, л/га:				
– норма пального	5	15-17	15-17	20
– фактичні витрати	9.3	27.7	26.5	27.2
Коефіцієнт використання часу зміни	0.52	0.13	0.27	0.53

Таблиця 3

Зведені показники використання часу

Технологічні операції	Основний час роботи (T_p), хв:с	Повороти, заїзди і доїзди на заїзках ($T_{пов}$), хв:с	Технологічні зупинки ($T_{тх}$), хв:с	Усування неполадок ($T_{ун}$), хв:с	Переїзди на інші ділянки ($T_{пер}$), хв:с	Очікування автотомобіля/перевантажувача ($T_{очк.авт}$), хв:с	Обід, хв:с	Інші простой ($T_{інш}$), хв:с	Загальна тривалість роботи, хв:с	Коефіцієнт використання часу зміни, τ	Продуктивність МА, W_t , га/год
Подрібнення рослинних решток	59:41	13:47	10:26	–	04:51	–	23:36		112:21	0.52	3.75
Збирання урожаю (кукурудза)	29:04	28:32	12:03	129:12	–	10:51	–	07:57	217:39	0.13	0.58
Збирання урожаю (кукурудза)	130:09	38:41	09:41	02:09	02:47	198:38	39:45	56:25	478:15	0.27	1.07
Класична оранка	219:57	67:54	83:35	–	–	–	31:16	10:42	414:24	0.53	2.07

– дослідження проводилось на рівній ділянці з кутом нахилу 1°, культура – кукурудза, ширина захвату визначалась кількістю рядків, 8 рядків з міжрядковою відстанню у 70 см. Збирання кукурудзи проводилось в умовах високої вологості ґрунту, кількість комбайнів – 5 одиниць, кількість перевантажувачів – 3 одиниці. Контури досліджуваних ділянок наведені на рис. 2-3.



Рис. 2. Контур ділянки, дослід №2.

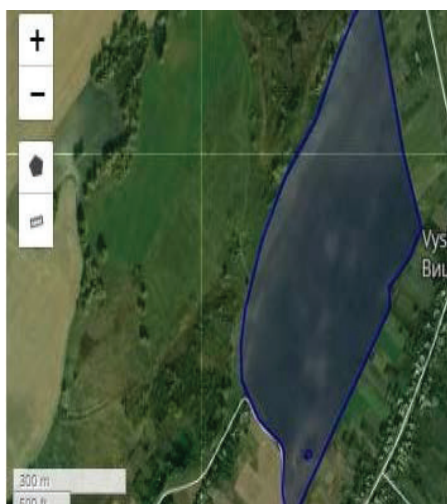


Рис. 3. Контур ділянки, дослід №3.

– висока вологість ґрунту, яка спостерігалась на полі, призводила до непродуктивних втрат часу, а саме, простої МА спричиненні загрузанням комбайну у ґрунті (рис. 4), буксуванням, переїздом до іншого рядка та до іншої заїмки, очікування на від'їзд іншого комбайну з місця загрузання та очікування на буксирувальний трактор, що саме і відбулось на дослідях №2 та №3. І як наслідок, перерви на технологічні зупинки та усунення неполадок, спричинених інтенсивним навантаженням робочих органів комбайну.

Під час збирання перевантажувачам на полі доводиться перевозити великі за об'ємом вантажі протягом короткого періоду часу (Tishchenko L.M., et.al., 2009), щоб забезпечити визначенні агростроки та уникнути простоїв МА.



Рис. 4. Загрузання комбайну на операції «Збирання урожаю»

Аналізуючи збирання кукурудзи на дослідних полях, було виявлено, що при високій зволоженості ґрунту та, щоб уникнути загрузання під час доставки зерна від комбайну до вантажівки, перевантажувачі набирали 2/3 об'єму бункера, від фактичної максимальної його місткості. І, як наслідок, втрати часу на очікування перевантаження зерна кукурудзи склали 209 хв. 29 с. Порівнюючи з основною продуктивною роботою МА, яка складала 159 хв. 12 с за два досліді разом, можна сказати, що агростроки не будуть витримані і наступна технологічна операція – заробка рослинних рештків, не буде виконана або буде виконуватись з порушеннями технологічного процесу, що й доводить дослід №4 – «Оранка».

Тому, під час збирання кукурудзи в умовах, які склалися, слід забезпечувати кожен комбайн одним перевантажувачем або бункером-накопичувачем.

Аналізуючи технологічну операцію «Оранка»:

– оранка проводилась плугом з конструктивною шириною захвату 3,4 м, фактична ширина захвату в середньому по замірам відрізнялась від конструктивної на +12 см. Машинний агрегат виконував операцію з застосуванням технології «Precision Farming», що практично виключило перекриття між гонами. Контури досліджуваної ділянки наведені на рис. 5.



Рис. 5. Контур ділянки, дослід №4

– по причині значних опадів оранка виконувалась пізніше від встановлених строків та з порушенням

технологічного процесу, після збирання урожаю повинна проводитись операція мульчування ґрунту. Простої на технологічні зупинки склали 83хв. 39с, були спричиненні зупинками на чищення ґрунту від промерзлого чорнозему (рис.6);



Рис. 6. Технологічна операція «Оранка»

– значні витрати продуктивного часу були витрачені на заїзди та повороти агрегату під час виконання технологічної операції. У середньому вони становили приблизно 10 % від загального часу роботи МА. Тому так

важливо правильно визначати ширину поворотної смуги та спосіб розвороту польової машини.

Висновки:

1. Кожне господарство має індивідуальні технології вирощування агрокультур і, відповідно, характерний машинний парк. У залежності від рівня фінансового забезпечення господарств фіксувався різний рівень впровадження у господарстві «Precision Farming» і різний рівень кваліфікації робітників підприємств.

2. В залежності від рівня впровадження «Precision Farming» у господарстві відрізнялась і організація праці, а саме, застосування електронних систем при виконанні технологічних операцій збільшувало час зміни з 8 до 12 годин.

3. Шляхи підвищення ефективності організації і проведення механізованих технологічних операцій у рослинництві визначаються багатьма факторами, які тісно пов'язані між собою. Тому виникає необхідність у продовженні проведення науково-аналітичних досліджень продуктивності машинних агрегатів на різних механізованих технологічних операціях, які суттєво залежить від повноти використання часу зміни.

4. Подальші дослідження слід зосередити на вивченні питання організації робочого часу зміни для інших технологічних операціях в різних умовах, що дадуть змогу розробити стратегію по підвищенню продуктивності МА.

Бібліографічні посилання:

1. Alene A.D., (2010). Productivity growth and the effects of R&D in African agriculture *Agric. Econ.*, 41, pp. 223–238
2. Antoshchenkov V.M., Antoshchenkov R.V. (2011). Matematychna model vyznachennia potuzhnosti, neobkhidnoi dlia funkcionuvannia silskohospodarskoho ahrehatu [Mathematical model for determining the power required for the functioning of the agricultural unit]. *Systemy obrobittu informatsii. Vyp. 8.* S. 160–162. (in Ukrainian)
3. Aweke C.S., Hassen J.Y., Wordofa M.G., Moges D.K., Endris G.S., Rorisa D.T., (2021), Impact assessment of agricultural technologies on household food consumption and dietary diversity in eastern Ethiopia *J. Agric. Food Res.*, 4
4. Varabash H.I., Tatsenko O.V., Bakai R.B. (2014). Ekspluatatsiia mashyn i obladnannia – [Operation of machines and equipment]. R. 2. Vykorystannia mashyn v mekhanizovanykh tekhnolohichnykh protsesakh : Praktykum shchodo vykonannia laboratornopraktychnykh robot dlia studentiv 4-ho kursu spetsialnosti 6.100102 “Protsesty, mashyny ta obladnannia ahropromysloвого vyrobnytstva” dennoi ta zaochnoi formy navchannia / SNAU. Sumy. 135 p. (in Ukrainian)
5. Dovzhyk M.Ia., Sirenko Yu.V., Kalnahuz O.M., (2021). Produktyvnist mashynnykh ahrehativ [Productivist of machine units]. *Materialy mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Suchasna inzheneriia ahropromyslovykh i kharchovykh vyrobnytstv»*. – Kharkiv: DBTU., S.561–565 (in Ukrainian)
6. Headey D., & Alauddin M., Rao D.P. (2010). Explaining agricultural productivity growth: an international perspective *Agric. Econ.*, 41, pp. 1-14
7. Kutkovetska T.O., Berezovskyi A.P. (2020). Teoretychne obgruntuvannia pokaznykiv efektyvnosti vykorystannia mashyno-traktornykh ahrehativ pry vykonanni operatsii z obrobittu ґрунту [Theoretical substantiation of the indicators of the efficiency of the use of machine-tractor units when performing soil cultivation operations]. *Vcheni zapysky TNU imeni V.I. Vernadskoho. Seriia: tekhnichni nauky. Tom 31 (70) ch. 2.* S.164–167 (in Ukrainian)
8. Melnyk I.I., Tyvonenko I.H., Fryshev S.H. ta inshi. (2007). Inzhenernyi menedzhment [Engineering management]: navchalnyi posibnyk. Vinnytsia : *Nova knyha.*, S. 137. (in Ukrainian)
9. Melnyk V.I., Artomov M.P., Anikieiev O.I., Syrovtskyi K.H., Chyhryna S.A. (2022) Mashynovykorystannia v suchasnomu zemlerobstvi – [Machine use in modern agriculture] : metod. vkazivky № 1, 2 dlia vykonannia prakt. robot studentam pershoho (bakalavrskoho) rivnia vyshchoi osvity dennoi (zaochnoi) formy navch. *OPP “Ahroinzheneriia” spets.* 208 Ahroinzheneriia / Kharkiv. der. biotekh. un-t. Kharkiv, 75 p. (in Ukrainian)
10. Nadykto V.T., Kiurchev V.M., Aiubov A.M. ta in. 2019. Perspektyvy zrostanttia produktyvnosti roboty mashynno-traktornoho ahrehatu – [Prospects for increasing the productivity of the machine-tractor unit]. *Naukovyi visnyk Tavriiskoho derzhavnogo ahrotekhnolohichnogo universytetu. Vol. 8(2).* (in Ukrainian)
11. Nadykto, V. T. & Kiurchev, V. M., (2018). Perspektyvy zrostanttia produktyvnosti roboty mashynno-traktornoho ahrehatu. *Naukovo vyrobnychy zhurnal [Prospects for increasing the productivity of the machine-tractor unit]. Tekhnika i tekhnolohii APK № 7 (106).* (in Ukrainian)
12. Olasiuk Ya.V. (2016). Ekspluatatsiia mashyn i obladnannia. Metodychni vkazivky dlia vykonannia kursovoho proektu dlia studentiv spetsialnosti “Ekspluatatsiia ta remont mashyn i obladnannia ahropromysloвого vyrobnytstva” – [Operation of machines and equipment. Methodological guidelines for the implementation of a course project for students of

the specialty "Operation and repair of machines and equipment of agro-industrial production"]. *Liubeshivskiyi tekhnichnyi koledzh Lutskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu*. Lutsk, 101 p. (in Ukrainian)

13. Pratt, Alejandro & Yu, Bingxin. (2008). An Updated Look at the Recovery of Agricultural Productivity in Sub-Saharan Africa. International Food Policy Research Institute (IFPRI), *IFPRI discussion papers*;

14. Shuliak M., Mikulina M., Mudryi Ya., Pyrohov V. Vplyv (2023) vykorystannia bezpilotnykh litalnykh aparativ na pidvyshchennia efektyvnosti tekhnolohichnoho protsesu v roslynnytstvi – [The influence of the use of unmanned aerial vehicles on increasing the efficiency of the technological process in crop production]. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu "KhPI"*. Seriya "Avtomobile- ta traktorobuduvannia". Kharkiv. Vol. 12023. P. 133. doi: 10.20998/2078-6840.2023.1.13. (in Ukrainian)

15. Soloviov A.I. (2014). Efektyvne upravlinnia ahrovyrobnytstvom na bazi tekhnolohii tochnoho zemlerobstva [Effective management of agricultural production based on precision farming technology Kharkivskiyi natsionalnyi ahrarnyi universytet] im. V.V. Dokuchaieva. *Ekonomichni nauky № 6*. Kharkiv: S. 169 (in Ukrainian)

16. Tishchenko L.M., Pastukhov V.I., Zaitsev A.S ta inshi. (2009). Transportne zabezpechennia silskohospo-darskoho vyrobnytstva. [Transport support of the agricultural trust] *Navchalnyi posibnyk do kursovoho ta dyplomnoho proektuvannia*. Ch 1. Metodyka proektuvannia transportnoho zabezpechennia /– Kh.: Faktor, – 172 s. (in Ukrainian)

17. Tochne zemlerobstvo v silskomu hospodarstvi: perevahy, osoblyvosti zastosuvannia (2023). [Precision farming in agriculture: advantage, features of application] *Potoky. Elektronnyi resurs*. URL: <https://zakupka.mez.com.ua/tpost/cb4y2hp3z1-tochne-zemlerobstvo-v-silskomu-gospodarst> (in Ukrainian)

18. Volodymyr Syvolapov, Serhii Kyslyi, Viktor Marchenko, Agroexpert (2016). Yak pidvyshchyty produktyvnist mashynnykh ahrehativ. [How to predict the productivity of machine units]. *Elektronnyi resurs*. URL: <https://agroexpert.ua/ak-pidvisiti-produktivnist-masinnih-agregativ/>. (in Ukrainian)

19. Yannick Fosso Djoumessi, (2021) What innovations impact agricultural productivity in Sub-Saharan Africa. *Journal of Agriculture and Food Research*, Volume 6

20. Zakonu Ukrainy, Dokument 400-XII. «Pro priorytetnist sotsialnoho rozvytku sela ta ahropromyslovoho kompleksu v narodnomu hospodarstvi» ["On the prioritization of the social development of the village and the agro-industrial complex in the national economy"] vid 17.10.1990 r. (iz nastupnyimi zminamy i dopovnenniamy) (in Ukrainian)

21. Zubko V. M. (2008). Analiz khronometrazhnykh sposterezhen za robotoiu mashynnykh ahrehativ pry vyroshchuvanni ta zbyranni ozymoho ripaku [Analysis of time-lapse observations of the operation of machine units during the cultivation and harvesting of winter rapeseed]. *Visnyk SNAU*. – Sumy, – Vyp. 1(17). – S. 60-63. (in Ukrainian)

Zubko V. M., Doctor of Technical Sciences, Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Khvorost T. V., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Teslenko O.V., PhD student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Barabash G. I., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Omelchenko E. M., PhD student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Romanovsky M. O., PhD student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Research of the organization and implementation of mechanized technological operations in plant production

The modern agricultural sector has a great influence on the dynamics of the country's economic development. Against the background of a full-scale war in Ukraine, there is a significant decrease in cultivated areas. On those lands that are cultivated, it is necessary to ensure the maximum possible increase in production productivity by improving the quality of technological operations, optimizing the movement modes of machine units while providing mechanized agricultural technologies, and reducing the costs of the production process.

Therefore, such an indicator as productivity and ways to increase it are not just the number one task facing farmers, but a national priority.

The article raises the issue of the need to increase the efficiency of agricultural production in wartime conditions. The need to introduce innovations is emphasized – stimulation of research and development of new technologies and materials for the production and operation of machinery for agricultural production. For example, such technologies as "GIS technologies". One of the methods of effective productivity management is considered – "precision farming".

The analysis of the latest researches and publications shows that in the modern conditions of the development of market relations, the efficiency of machine units is of great importance. Achieving high efficiency of machinery in agriculture allows to increase productivity, reduce costs and increase the competitiveness of agricultural production.

The scientific community determined that the productivity of the MA depends on many indicators that are related to each other, namely: speed of movement, width of grip, nominal power of the engine, traction force of the vehicle, method of turning, ratio of working moves, effective use of working time, etc.

The study of the application of the tractor operator's shift time and the rational use of the tractor unit was considered in more detail in the article.

Experiments were carried out using the method of time-lapse observation of the following technological operations: harvesting plant residues (using the mulching method), harvesting (corn), classical plowing.

The following data are provided: the duration of each element of the technological operation; constructive and actual width of capture; fuel consumption for the investigated period of time, compared to the indicators of the common center of

the energy vehicle; the duration of each element of working time and the duration of all operations together for the studied time period.

Earnings (duration or volume of work) are determined by the calculation method:

– the performance of the machine unit is determined – variable (using the navigation system of the machine unit) and actual (based on the collected data obtained after the timing);

– productive and non-productive time costs are determined and the net work of the machine-tractor unit is determined using the shift time utilization factor.

Calculated and analyzed the coefficient of use of the shift time and the productivity of the MA for the studied period of use, in order to evaluate the efficiency of the operation of the MA on the studied farms.

Key words: technological operation, machine unit, timing, productivity, quality, shift time utilization factor, speed of movement, width of capture, precision farming.