

**ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

**П о я с н ю в а л ь н а   з а п и с к а**

до дипломної роботи

освітнього ступеня «Магістр» на тему:

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНІКИ ПРИ ВИРОЩУВАННІ  
СОНЯШНИКА ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ ЦИФРОВОГО  
ЗЕМЛЕРОБСТВА ТА БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ**

**Виконав:** студент 2 курсу, групи МГМз-1-20 за  
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

\_\_\_\_\_Олександр Глушко

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Олег КАБАТ

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

Дніпро – 2022

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

Освітній ступінь: «Магістр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

ЕМТП

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ

(вчене звання)

Деркач О.Д.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

**З А В Д А Н Н Я  
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Глушко Олександра Юрійовича  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема роботи:** «Ефективність використання техніки при вирощуванні со-  
няшника із застосуванням технологій цифрового землеробства та безпі-  
лотних літальних апаратів»

керівник роботи Олег КАБАТ, к.т.н., доцент

( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ДДАЕУ від

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 року № \_\_\_\_\_

2. **Строк подання студентом роботи** 05.02.2022 р.

3. **Вихідні дані до роботи.** Навчальні посібники «Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві» (1993 р.), «Дипломне проектування з машиновикористання в рослинництві» (2007 р.), інструкція з використання безпілотного літального судна DJI Mavic Air 2; офіційні сайти, періодика з технологій цифрового землеробства

4. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз стану питання. 2. Огляд цифрових платформ та БПЛА для ведення цифрового землеробства. 3. Планування та моніторинг виробничих процесів за

допомогою БПЛА. 4. Охорона праці та захист в надзвичайних ситуаціях 5. Економічне обґрунтування роботи. Загальні висновки. Бібліографічний список.

## 5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Титульний лист. 2. Тема, мета, завдання. 3. Аналіз стану питання. 4, 5. Огляд цифрових платформ та БПЛА для ведення цифрового землеробства. 6, 7. Планування та моніторинг виробничих процесів за допомогою БПЛА. 8. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 9 Економічне обґрунтування роботи. 10. Висновки

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Кабат О.С., доц. каф. ЕМТП		
2	Кабат О.С., доц. каф. ЕМТП		
3	Кабат О.С., доц. каф. ЕМТП		
4	Кравець В.В., доц. каф. ЕМТП		
5	Вініченко І.І., зав. каф. економіки		
Нормоконтроль			

7. Дата видачі завдання: 10.06.2021 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 10.10.2021 р.	
2	Теоретичний	до 10.11.2021 р.	
3	Експериментально - розрахунковий	до 29.11.2021 р.	
4	Охорона праці	до 15.12.2020 р.	
5	Економічний	до 24.01.2022 р.	
6	Демонстраційна частина	до 01.02.2022 р.	

**Студент**  
( підпис )

Глушко О.Ю.  
(прізвище та ініціали)

**Керівник роботи**  
( підпис )

Кабат О.С.  
(прізвище та ініціали)

## Реферат

Глушко О.Ю. Ефективність використання техніки при вирощуванні соняшника із застосуванням технологій цифрового землеробства та безпілотних літальних апаратів. Дипломна робота. ДДАЕУ, 2022 р. – 59 с.

Дипломна робота присвячена питанню підвищення ефективності вирощування соняшника застосуванням цифрових технологій землеробства та застосуванням безпілотних літальних суден.

Робота складається з пояснювальної записки формату А 4, виконаної на 59 сторінках, додатків та супроводжувальних презентаційних слайдів, виконаних в програмі Power Point.

Автор диплому має наукову публікацію в Збірник наукових праць «Крама-ровські читання», 25 лютого 2022 р.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ.....	9
1.1. Соняшник, як цінна експортна культура.....	9
1.2. Біологічні властивості соняшника.....	10
1.3. Сучасні технології та енергетичні засоби для вирощування соняшника...16	
1.4. Проблеми підвищення ефективності вирощування соняшника.....	20
1.5. Обґрунтування теми дипломної роботи.....	23
2. ОГЛЯД ЦИФРОВИХ ПЛАТФОРМ ТА БПЛА ДЛЯ ВЕДЕННЯ ЦИФРОВОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА .....	25
2.1. Пасивні онлайн-платформи .....	25
2.2. Інтерактивні цифрові платформи та застосунки .....	30
2.3 Основні конструкції та властивості БПЛА .....	32
Висновки по розділу.....	35
3 . ПЛАНУВАННЯ ТА МОНІТОРИНГ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ ЗА ДОПОМОГОЮ БПЛА.....	36
3.1. Програма виробничих досліджень.....	36
3.2. Розробка технології вирощування соняшника з використанням БПЛА .....	36
3.3. Робота агрегата на ділянках .....	43
Висновки по розділу.....	44

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	45
4.1. Суть охорони праці.....	45
4.2. Аналіз можливих шкідливих факторів при роботі з БПЛА .....	46
4.3. Організаційні та технічні заходи по забезпеченню захисту працівників при роботі з БПЛА .....	47
4.4. Розробка правил безпечного використання БПЛА DJI Mavic Air 2.....	48
4.5. Розробка вимог безпеки праці при настанні надзвичайної ситуації .....	48
Висновки по розділу.....	50
5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОБОТИ.....	51
5.1. Суть економічного ефекту.....	51
5.2. Розрахунок економічної ефективності.....	51
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	57
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	58
Додатки	

## ВСТУП

Сьогодні Україна є потужним світовим експортером сільськогосподарської продукції. Не маючи власного виробництва тракторів, зернозбиральних комбайнів, наша країна експортує велику кількість пшениці озимої, соняшника, ячменю та іншого збіжжя. Технології вирощування сільськогосподарських культур постійно удосконалюються, зменшуючи собівартість виробництва. Наприклад, якщо в 1990 році експортна доля аграрної галузі склала 9,4 % від загального експорту, то в 2020 році цей показник склав 40 %, а в 2021 – вже 41 %. Продуктивність на селі зросла з 2000 року до сьогодні в 12 разів! І це справді вражає. Тобто, сьогодні аграрна галузь є потужною і, можна стверджувати, одним з основних джерел надходження валюти в Україну.

Тенденції у рослинництві склались таким чином, що сьогодні одним із шляхів зниження собівартості продукції є застосування цифрових технологій в землеробстві. Застосування онлайн-платформ, засобів дистанційного діагностування техніки та полів, автоматизованого збору інформації та планування етапів виробництва дозволяють зменшити собівартість продукції до 9,5...10 %. Однак на шляху до цифровізації виробництва є ряд перепон, які фермери не в повній мірі готові сьогодні переступити. До них треба віднести той факт, що при впровадженні цифрових технологій необхідно уводити додаткову штатну одиницю – людину, яка б повністю відповідала за комп'ютерну базу даних підприємства. Це дані працівників, основні та неосновні фонди, оборотні фонди, планування робіт, обіг грошових коштів, підтримка цифрових платформ та їх

своєчасне оновлення та обслуговування. Тобто, це повинен бути різнофаховий спеціаліст, який повністю розуміється технологічних процесах виробництва. Судячи з усього, це повинна бути ще й високооплачувана штатна одиниця. І фермери не завжди розуміють, чому вони мають уводити таку одиницю і платити великі гроші. Однак, введення такого функціоналу забезпечить підвищення ефективності виробництва і зробить його більш екологічним та прозорим. Фактично, виробництво буде у власника в онлайн-режимі із можливістю коригування процесів, прийняття рішень в реальному часі, де б власник не знаходився. Зниження собівартості продукції підвищить конкурентоспроможність підприємства, що сьогодні особливо важливо в умовах старту ринку землі. Як бачимо з останніх двох років, орендна плата за землю почала зростати. І платити її більше зможе той, у кого буде менша собівартість виробництва. Сучасні ж цифрові технології, як ми вже сказали, забезпечать стаке зниження цього показника.



## **1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ**

### **1.1. Соняшник, як цінна експортна культура**

Україна за часи незалежності утвердилася в світі, як аграрна розвинена країна. Враховуючи те, що площа суходолу України складає 0,44 % території від світової площі, обсяги виробництва є чи не найбільшими у світі за багатьма показниками. Наприклад, за рівнем експорту пшениці озимої та ярої, Україна посідає десяте місце в світовому експорті. За рівнем експорту ячменю – четверта. Найбільше у світі ми виробляємо і експортуємо соняшnikової олії. Так, 95% соняшnikової олії Індія імпортує з України – ми експортуємо найбільше у світі соняшника (рис.1.1), виробляючи, крім того, 24 % світового валу цього продукту! У 2020 році агросектор приніс 40 % валютної виручки в Україні, а в 2021 році – 41 % [1].

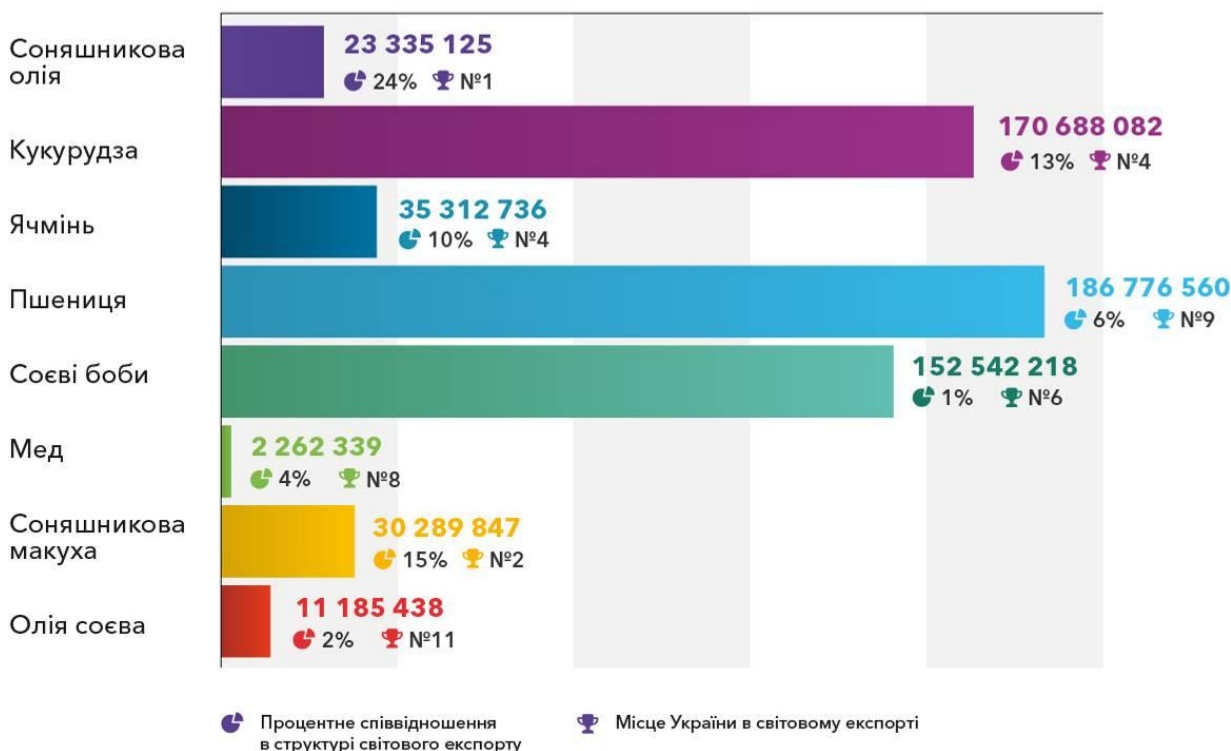


Рис. 1.1. Світовий експорт сільськогосподарської продукції та місце України в ньому (за даними УКАБ\*)

\*Український Клуб Аграрного Бізнесу

Найбільша культура, яка приносить експортну виручку в галузі рослинництва – соняшник. Це одна з найцінніших сільськогосподарських культур, яка має не тільки стратегічне харчове значення, але й технічне. Основні площі він займає в Степовій зоні України.

Україна активно експортує соняшкову олію та макуху останні декілька років. Відтак площі соняшника теж зростають. Однак, ця культура водночас є і небезпечною для ґрунтів, адже вона виносить велику кількість як поживних речовин, так і споживає велику кількість води. Наприклад, одна рослина соняшника за весь період вегетації споживає до 250 літрів вологи. Враховуючи, що на одному гектарі на період збирання в зоні Степу України повинно бути 55...60 тис. рослин, то споживання вологи соняшникового поля складе 13 ... 15 тисяч тонн вологи з одного гектара! Після соняшника ґрунти мають явно деградований вигляд: критично зменшена кількість вологозапасу, зараженість кореневи-ми гнилями, наявність великої кількості рослинних решток (стебла, кошики),

які необхідно подрібнити. В сівозмінах соняшник рекомендовано повертати на поле через 8...10 років. За цей час ґрунт має відновитися.

Тому, вирощування соняшника необхідно жорстко планувати.

## **1.2. Біологічні властивості соняшника**

Найбільш придатними для вирощування соняшника є чорноземи, каштанові й сірі лісові ґрунти. Гірше розвивається він на піщаних і солонцюватих ґрунтах і ґрунтах важкого механічного складу, які повільно прогриваються.

Рослина соняшника має добре розвинену стрижневу кореневу систему, що проникає в ґрунт на глибину 2...3 м і більше. Хоч сьогодні й створені гібриди соняшника, стійкі до посухи, однак для одержання високих урожаїв вони все одно вимогливі до наявності значних запасів вологи в ґрунті. Відтак, коефіцієнт водоспоживання соняшника становить 600. Найбільша кількість вологи (близько 60% загальної кількості) соняшник використовує в період від початку утворення суцвіть до цвітіння, коли інтенсивно ростуть стебло й листи. У цей період рослини використовують вологу з підорних шарів ґрунту, а в посушливі роки - навіть із глибини 100 см і більше.

Високі врожаї соняшника одержують після озимих, які вирощують по чистих і зайнятих парах, після кукурудзи й зернобобових. Непоганими попередниками є яриця, овес і картопля.

Соняшник виносить дуже велику кількість елементів споживання. За максимального їх задоволення при формуванні врожаю, останній може досягати значень 4...5 т/га! Встановлено, що для формування лише 2 т/га насіння, соняшник повинен отримати азоту не менше 120 кг/га, фосфору – не менше 50 кг/га, а калію – 200...300 кг/га! Це великі показники, які вказують на те, що при вирощуванні соняшника має бути інтенсивне внесення добрив.

За словами колишнього директора ТОВ «Агро КМР» Арно де Ласалля, який виступав на семінарі на кафедрі експлуатації машинно-тракторного парку у 2012 році, кількість калію в ґрунтах Придніпровського регіону така велика, що його можна вносити або в малих, помірних дозах, або не вносити взагалі.

Однак, сьогодні питання споживання соняшником калію вимагає значного коригування. Дійсно, раніше, коли в сівозмінах соняшник займав лише 5...7% загальної посівної площі вважалося, що внесення калійних добрив не впливає на величину врожаю. Сьогодні ж зросли і посівні площі соняшника, і збільшилась їх урожайність. Це спричинило збільшення виносу поживних елементів, у т.ч. й калію.

Згідно з сучасними технологіями, органічні й калійні добрива в Придніпровській зоні під соняшник практично не вносяться. Це привело до різкого зниження змісту валових і доступних форм калію в ґрунті нашого регіону. При посіві соняшника насінням інтенсивних сортів це помітно впливає на величину врожаю і його якість, оскільки жири синтезуються з вуглеводів, а синтез останніх перебуває в прямої залежності від калійного живлення. Велику роль грає також рівномірність розміщення поживних речовин у ґрунтових горизонтах та площах. Від її абсолютної кількості залежить норма висіву і врожай – це вже пріоритет точного землеробства.

Тому сьогодні доцільно включати у систему добрив помірні норми калію (40...60 кг/га). Тільки за умов достатньої кількості вологи і поживних речовин в ґрунті можна отримати високий і якісний урожай насіння соняшника. Розглянемо технології вирощування соняшника.

Слід мати на увазі, що у процесі вегетації споживання соняшником поживних речовин відбувається нерівномірно. Найбільшу кількість азоту та фосфору соняшник споживає в період підходу до цвітіння, у фазах формування кошика. Коли фаза цвітіння закінчується, споживання фосфору різко знижується. Калій же споживається приблизно рівномірно протягом всього періоду вегетації.

Так як фосфор – малорухомий в ґрунті елемент, доцільно його вносити в прикореневу зону. Це можна вдало зробити з використанням технологій точного та цифрового землеробства. Розкидним способом фосфор вносити сьогодні економічно недоцільно.

Система удобрення соняшника, як правило, складається із трьох прийомів: основного, припосівного та підживлення протягом вегетації.

До основного способі відносять внесення добрив восени під основний обробіток розкидним способом з наступним загортанням: приорюванням, перемішуванням з ґрунтом (у разі поверхневого основного обробітку).

Припосівне внесення добрив здійснюють разом з сівбою. Сьогодні практично всі аграрії, незалежно від технології вирощування здійснюють припосівне внесення добрив, так ця операція є найбільш ефективною. Добрива закладаються в безпосередній близькості від насіння, його можна досить точно дозувати, відсутня втрата добрив у міжрядкових зонах.

Наприклад, на рис.1.2 показано процес сівби соняшника агрегатом у складі трактор ЮМЗ-8070 та просапної сівалки СУПН-8А з припосівним внесенням комплексних добрив з розрахунком 100 кг/га. Встановлена норма висіву насіння соняшника – 75 тис./га. Завищена норма пов'язана з пізніми термінами сівби (24 травня), низькою агротехнікою вирощування. Попередник соняшника – пшениця озима. Підготовка ґрунту: дискування, оранка, передпосівна культивування. На ділянці був проведений агрохімічний аналіз ґрунту, з якого встановлено, що кількість гумусу складає 1,4%; рівень забезпеченості фосфором – високий; калієм – середній; азотом – вкрай низький; рівень рН – 6,2.



Рис.1.2. Посів соняшника з внесенням добрив за класичною технологією.  
(стрілкою вказане розміщене комплексне добриво в причепі)

Соняшник розміщують після зернових колосових культур – пшениці та ячменю озимих і ярих; технічних – ріпак озимий та інших культур.

Проте, існуючі технології не здатні сьогодні у повній мірі розкрити біологічний потенціал соняшника, який заявляється оригінаторами насіння (табл.1.1).

Таблиця 1.1 – Біологічний потенціал деяких гібридів/сортів соняшника

Гібрид/Сорт	Заявлений потенціал урожайності, т/га	Середньостатистична урожайність, т/га [2]
Ясон	4,3	2,4
Аркона	6,0	3,4
НС Фалкон	5,0	2,9
Прими	4,5	3,1

Аналізуючи дані, наведені в табл. 1.1 бачимо, що потенціал урожайності гібридів соняшника залишається далеко не розкритим. До основних причин, звичайно, можна віднести ще й недостатню кількість опадів. Однак, враховуючи велику строкатість урожайності по господарствах, можна зробити висновок, що у певній мірі, урожайність соняшника залежить ще й від технологічного рівня підприємства! А технологічний рівень залежить від технічного рівня техніки та, власне, рівня самої технології. Наприклад, у своїй доповіді на регіональному форумі «Олійні культури 2021 – технології, логістика, переробка», що відбулася в м. Дніпро за сприяння UAFA TA, Едуард Романьков (директор ТОВ «Союз-Спецтехніка») назвав основні постулати в технології живлення соняшника (рис. 1.3).

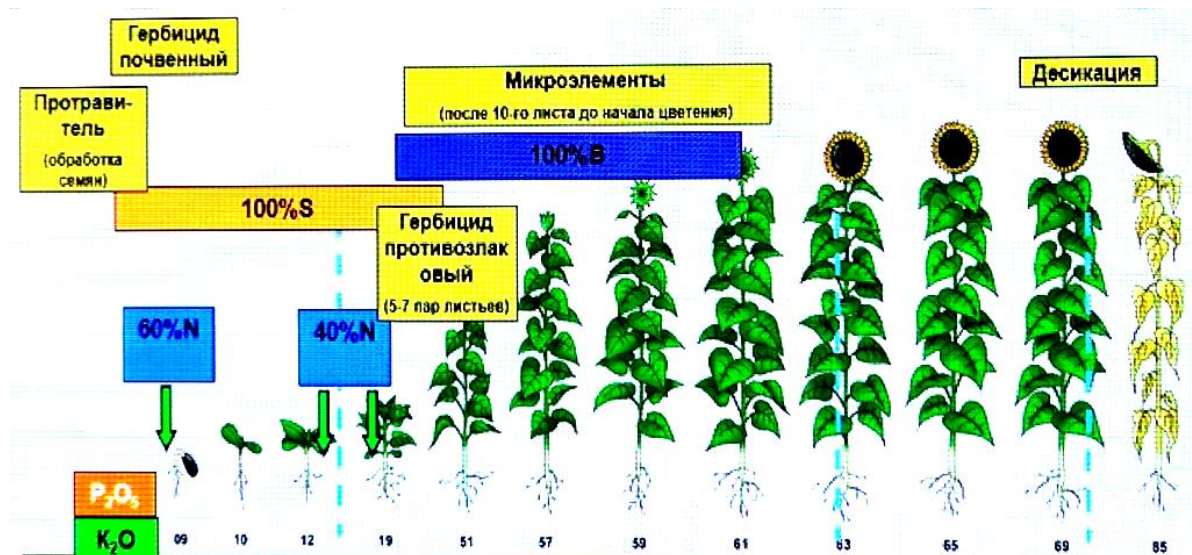


Рис.1.3. Технологія живлення соняшника в залежності від вегетації  
(з доповіді Е. Романькова на форумі  
«Олійні культури 2021 – технології, логістика, переробка»).

Як бачимо з рис.1.3, автор доповіді пропонує технологію інтенсивного захисту рослин. Для цього автором доповіді запропоновано комплекс високотехнологічних машин для реалізації, такі як: обприскувач Hagie STS 16; сівалка «Агро-Союз Turbosem II 19-60» та інші. Для забезпечення точної глибини висіву необхідно мати не тільки якісний передпосівний обробіток, але й високотехнологічні посівні машини. Насіння необхідно укласти на точну й однакову глибину загортання, бо від цього параметра залежить урожайність, а насамперед – схожість (рис.1.4). Як видно з наведеного рис. 1.4, за глибини 5...7 см, як прийнято в більшості технологій, схожість знаходиться в межах 85...80 %. Це означає, що ми повинні планувати норму висіву на 15...20 % більше у порівнянні з оптимальним хлібостоєм на момент сходження. Крім того, ще додають 5...9 % на випадок загибелі частини рослин (погодні умови, пошкодження рушіями енергозасобів та с.-г. машинами).



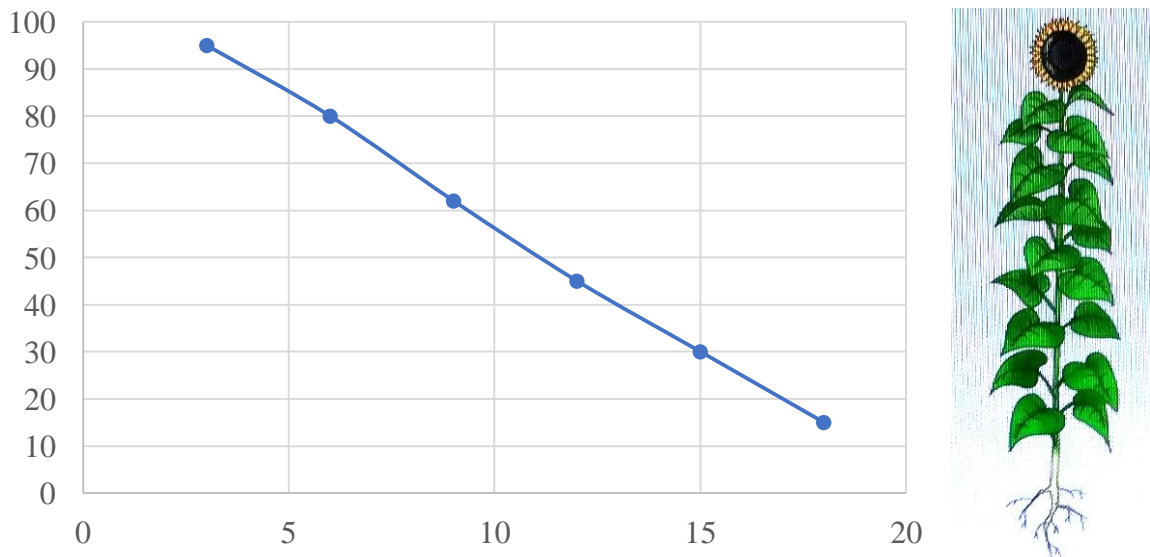


Рис.1.4. Залежність схожості соняшника (%) від глибини посіву (з доповіді Е. Романькова на форумі «Олійні культури 2021 – технології, логістика, переробка»).

Таким чином, бачимо, що соняшник вимогливий до глибини загорання. Тому, необхідно використовувати агрегати для передпосівної культивуації якомога більшої ширини захвату (КПС-8П «Восход» і т.д.); або за мінімальної або нульової технологій сівалки так званого преміум-класу, типу: Horsch Maestro 36.5; Turbosem II 19-60; John Deere 1890/95 та аналогічні сівалки. Вказані сівалки вирізняються високою точністю регулювань по глибині загорання насіння і можуть працювати в технологіях цифрового землеробства (окрім Turbosem II 19-60).

Крім означеного вище, соняшник вимогливий до площі живлення. Так, на 1 га норма висіву знаходиться для Придніпровської зони землеробства в межах 65...75 тис. насінин. У разі застосування диференційованого посіву, існує спосіб посіву з міжряддям не 70 см, як за класичною технологією, а 35 см (рис.1.5).



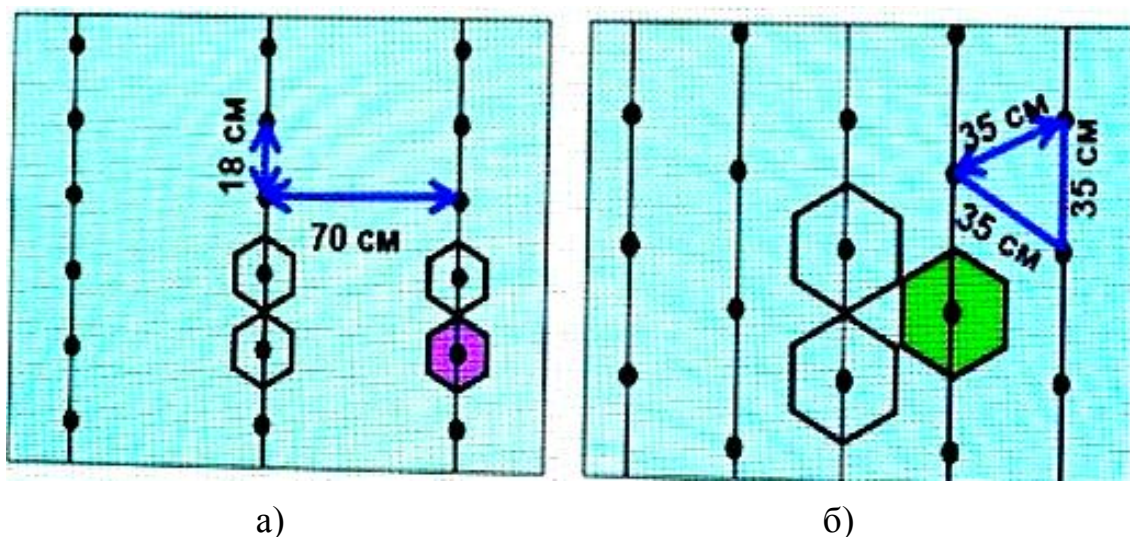


Рис.1.5. Способи посіву соняшника: а) класичний; б) рівномірний між рослинами і рядками (35 см).

За рівномірного між насінинами і рядками способу посіву, норма висіву насіння такі ж, як і за інших технологій. Однак, менша фактична відстань між насінням у суміжних рядках та дещо більша у рядку створює ефект суцільного покрову. Таким чином, під час посухи, листя соняшника більш щільно затіняє поверхню ґрунту – випаровування ґрунтової вологи зменшується. Також під час обробки засобами хімічного захисту менше втрачається розчину, бо покриття рослин більш щільне.

### 1.3. Сучасні технології та енергетичні засоби для вирощування соняшника

Всі сучасні технології об'єднують такі завдання: забезпечити максимально комфортні умови для росту і розвитку рослин з метою отримання максимального врожаю за оптимальних затрат. При цьому має бути забезпечене підвищення родючості ґрунту. Щодо останнього, то класичні (або інтенсивні) технології якраз і не забезпечували зростання родючості ґрунту. Навпаки, за їх застосування рівень гумусу постійно знижувався, а структура ґрунтів порушувалася.

Можна виділити такі технології вирощування соняшника:

- інтенсивна – характеризується інтенсивним механічним обробітком ґрунту, хімічним захистом; дана технологія направлена на отримання максима-

льних валових врожаїв. Набула поширення на початку та в середині ХХ століття, виконуючи основне завдання: якнайшвидше забезпечення зростаючого населення продуктами харчування;

- мінімальна – характеризується зменшенням як кількості механічних обробок ґрунту, так і глибини обробітку, вона не перевищує 4...5 см); це досягається застосуванням комбінованих агрегатів; енерговитрати і собівартість продукції – знижуються, але знижується і урожайність. Падіння родючості ґрунтів та їх деградація зупиняється;

- нульова технологія – технологія прямого посіву, характеризується повною відсутністю ґрунтообробки, застосуванням широкозахватних агрегатів, як правило з використанням гусеничної техніки; притаманна повна зупинка деградації ґрунтів, відновлення родючості та структури ґрунту.

- смугова технологія (Strip-till), технологія вертикального обробітку (Drill-Till) є комбінаторними варіаціями мінімальної технології і носять ознаки енерго- ґрунтозахисних технологій – характеризуються зменшенням енергії, затраченої на вирощування продукції.

До недоліків вказаних технологій з урахуванням техніко-економічних та ґрунтово-кліматичних умов, що нині склалися в Придніпровському регіоні слід віднести:

- інтенсивна технологія – велика енергоємність вирощування попри високі врожаї, деградація та деструктуризація ґрунтів, утворення плужної підшви, ризик від посух та ін.;

- мінімальна технологія – використання тракторів підвищеної потужності, необхідність закупки нової техніки, ризик ущільнення ґрунтів в перші роки;

- нульова технологія – суттєве зниження урожайності у перші роки впровадження; необхідність повного оновлення техніки, високий рівень інформаційного супроводу для деталізації та гнучкості виробництва.

*Техніка за інтенсивних технологій.* Застосовуються, як правило такі агрегати на операціях:

- оранка: ХТЗ-17202 + ПЛН-3-35; John Deere 8335R + JD 3810; МТЗ-82.1 + МТЗ-3-35;
- культивация суцільна: John Deere 6175R + КПС-8 «Восход»; МТЗ-82.1 + КПС-4; ХТЗ-17202 + СП-11+2КПС-4;
- Внесення ґрунтових гербіцидів: МТЗ-82.1 + ОП-2000; John Deere 6175R + JD 732;
- Сівба: МТЗ-82.1 + УПС-8; John Deere 6930 + Gaspardo SP Sprint-8;
- Хімічний захист: МТЗ-82.1 + ОП-2000; John Deere 6175R + JD 732;
- Міжрядний обробіток (за необхідності): МТЗ-82.1 + КРН-5,6;
- Збирання: John Deere 670i; Case IH 8120; Lexion-570; КЗС-9-1 «Славутич».

Як видно з наведеного (хоч і дуже обмеженого варіативно) переліку техніки, за інтенсивних технологій застосовується велика кількість технологічних операцій і техніки. Це призводить до переущільнення ґрунтів і взагалі всіх негативних явищ, наведених вище. Так як за інтенсивних технологій проводиться, як правило, глибокий обробіток ґрунту, це призводить до зменшення ширини захвату машинно-тракторних агрегатів (МТА). Їх продуктивність обмежена, а отже, підприємство змушене збільшувати кількість МТА, персоналу. Таким чином, витрати на виробництво зростають.

*Техніка за нульових технологій.* Застосовується на таких основних великих комплексах технологічних операцій:

- пряма сівба: Case IH MX 340 + Horcsh Maestro 36.5; John Deere 8335R + JD 1895; К-701 + Turbosem II 19-60;
- догляд (хімічний захист): John Deere 4830/4930/4030; Hagie STS 12/16;
- збирання: Case IH 9240 + MacDon FD 75; Lexion 770; Fendt Ideal.

При технології No-till забороняється автомобілям виїжджати на поле, наприклад, для вивантаження бункера комбайна. В такому разі застосовують бункер-перевантажувач, який забирає зерно від комбайна та транспортує його на край поля для перевантаження в кузов автомобіля. Як правило, це трактор на спарених колесах або на гусеничному ході, який транспортує бункер з виван-

тажувальним шнеком. Бункер-перевантажувач також може бути обладнаний або широкопрофільними шинами, або бути на гусеничному ході (рис.1.6).



Рис.1.6. Бункер-перевантажувач Kinze-1500 в агрегаті з трактором Case IH 600 Quadtrack.

Враховуючи те, що гусеничні агрегати чинять мінімальний тиск на ґрунт ( $0,4 \dots 0,6 \text{ кг/см}^2$ ), вони є найбільш раціональні для використання в технологіях мінімального та нульового обробітку ґрунту. До недоліків слід віднести їх високу вартість як самого агрегату, так і високу вартість обслуговування; низькі швидкості на шосе та затрати на великих переїздах між полями.

*Техніка за мінімальних та інших енерго- та ґрунтозберігаючих технологій* має в собі поєднання оптимальних МТА від багатьох факторів. Це можуть бути широкозахватні агрегати (Challenger 95E + ATD-18.35, John Deere 4030), так і комбіновані, що виконують малоенергоємні операції (Case STX 535 + Ecolo-Tiger-730). Наприклад, останній агрегат проводить комплексний основний обробіток ґрунту без обороту пласта (рис.1.7) і є економічно вигіднішим, ніж класична оранка. Даний агрегат здійснює подрібнення рослинних решток і перемішування їх з ґрунтом, глибокий чизельний обробіток без обороту пласта і вирівнювання обробленої поверхні ґрунту котками.



Рис.1.7. Ґрунтообробний агрегат Case STX 535 + Ecolo-Tiger-730 застосовується в енергоощадних технологіях.

Після ґрунтообробки таким агрегатом поверхні поля залишається частково вкритою подрібненими рослинними рештками, перемішаними з ґрунтом. Це знижує вітрову та водну ерозію, сприяє утворенню мульчі.

Збирання врожаю також проводять комбайнами з якомога ширшими жатками, щоб зменшити площу ущільнення ґрунтів. Це можуть бути комбайни типу John Deere T670i, S550, Lexion 570, Case IH 8120 та багато інших. Умова вивантаження в бункер-перевантажувач або розвантаження бункера комбайна на краю поля є в пріоритеті для мінімальних технологій.

#### **1.4. Проблеми підвищення ефективності вирощування соняшника**

Соняшник завжди був рентабельною культурою. В останні роки рентабельність його вирощування тільки зростає. Але одночасно зростають і втрати від недобору врожаю, збільшується кількість технологічних операцій, зокрема, хімічного захисту. Розуміючи різницю між фактичною і потенційно можливою урожайністю фермер розуміє, що недобирає значну кількість коштів. На нашу думку, якщо декларується урожайність біологічного потенціалу, мають бути



важелі, технологічні прийоми, здатні забезпечити отримання урожаю, максимально наближеного до біологічного максимуму.

Серед напрямів удосконалення технології вирощування с.-г. культур, зокрема і соняшника, є вирівнювання урожайності культури в бік збільшення з оптимізацією виробничих витрат; застосування високоврожайних гібридів; інтенсифікація хімічного захисту рослин від хвороб, комах і бур'янів.

Для вирівнювання урожайності соняшника в межах одного поля або масиву, необхідно проводити ряд технологічних маніпуляцій, таких як: моніторинг урожайності; агрохімічний аналіз ґрунту; планування диференційованого посіву, хімічного захисту рослин та інші. Застосування на комбайнах, обладнаних системами GPS-навігації, лічильників урожайності, дозволили виявити велику строкатість урожаю. Наприклад, наші спостереження, проведені в ТОВ «Агро КМР» на збиранні врожаю соняшника за допомогою комбайнів Case IH 9240, показали на велику різницю урожайності в межах одного поля (рис.1.8), площею 61,21 га. Як бачимо, на основній частині поля (поворотні смуги не враховуємо), урожайність коливалася в межах 1,17 до 1,66 т/га. Зони зниження урожайності можна вважати потенційними зонами зменшення ефективності вирощування соняшника, а отже і його рентабельності.

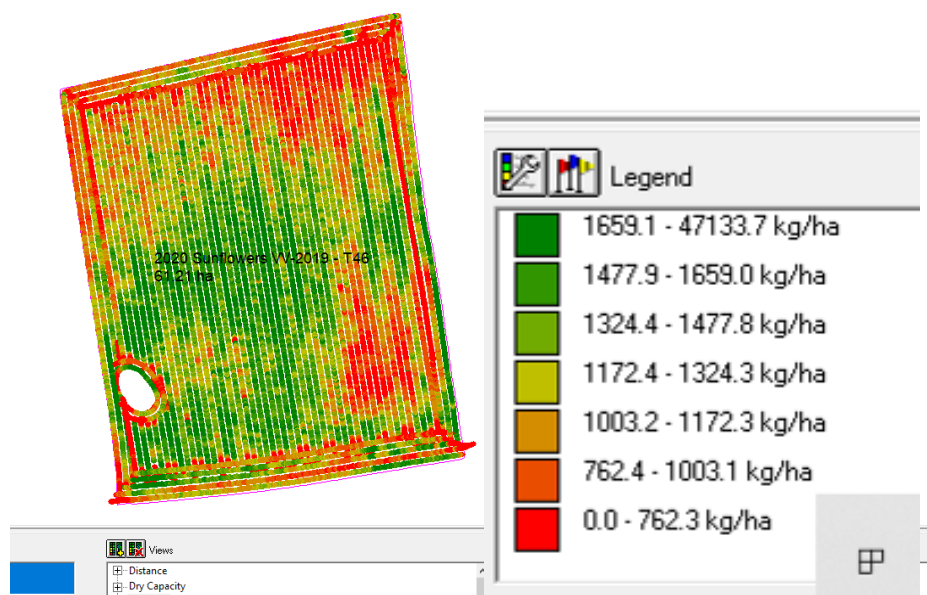


Рис.1.8. Строкатість урожаю соняшника в межах одного поля\*.

\*Дані отримано за допомогою обладнання встановленого на комбайні Case IH 9240 з програмним забезпеченням AFS Software та оброблено в цифровій платформі Cropwise.

Виникає думка, що планування технологічних операцій та механізованих процесів повинно здійснюватися на ділянках в межах поля, а не на поле в цілому. Це – основа диференційованого обробітку.

Явище строкатості фактичної урожайності спостерігається на будь-якому полі і характерне для всіх с.-г. культур. Адже в межах одного поля родючість ґрунтів, звичайно, різна. Однак, крім родючості, на урожайність впливатимуть інші фактори: рельєф (зміна вологозабезпечення), конкретні терміни виконання механізованих процесів, технологічних операцій і т.д. Так, зробивши вибірку результатів урожайності з поля, наведеного на рис.1.5, можна отримати такі результати по врожайності і ділянках поля (табл.1.2).

Таблиця 1.2 – Величина строкатості в урожайності

Фактична урожайність, т/га	Площа ділянки, га	Валовий збір, т	Теоретичний вал (за макс. урож.)	Різниця між найбільшою урожайністю	Теоретичний недобір, т
1,17	5,94	6,95	9,8604	2,91	20,06
1,32	26,88	35,48	44,6208	9,14	
1,17	16,34	19,12	27,1244	8,01	
1,66	12,05	20,00	20,003	0	

Як бачимо з даних, наведених в табл. 1.2, зафіксована строкатість урожайності призводить до теоретичного валового недобору становить 20,06 т! Це з поля, площею 61,21 га. Таким чином, виробник має теоретичні збитки в межах 560 тис. грн. Якщо підприємство має значні площі посіви соняшника, то збитки сягатимуть мільйони гривень.

Строкатість урожайності пов'язана з рядом причин, серед яких виділимо наступні:

- порушення технології (обробітку ґрунту, сівби, догляду, агротехніки);
- нерівномірність родючості поля по площі;
- технічні фактори (недосконалість техніки).

На основі вищезазначеного в п. 1.4., можемо виділити такі проблеми підвищення ефективності вирощування соняшника:

- відносно застаріла техніка, не призначена для застосування в технологіях точного або цифрового землеробства;
- порушення технологічних вимог з боку персоналу;
- відсутність швидкого реагування на зміни у вегетації рослин: ураження хворобами, бур'янами, швидкість росту і т.д.

Підвищити або вирівняти урожайність можна, вирішивши вказані проблеми.

### **1.5. Обґрунтування теми дипломної роботи**

Проведений аналіз стану питання показав, що традиційні методи і засоби підвищення ефективності вирощування соняшника на сьогодні себе вичерпали. Але біологічна урожайність насіння соняшника, яку декларують виробники гібридів, дуже рідко досягається на полі. Тобто, необхідно застосовувати умови, методи і технології, які б сприяли отриманню урожаю, максимально наближеного до біологічно можливого. Побачити реальний стан посівів, за якого можна дуже швидко відреагувати на загрози, можна за допомогою декількох ефективних методів: за допомогою цифрових супутникових додатків; за допомогою безпілотних літальних апаратів (БПЛА). До недоліків супутникових програм і додатків відноситься велика періодичність фотозйомок. Таким чином, можна запізно побачити проблеми, загрози для посівів. Властивості сучасних БПЛА в останні п'ять років настільки зросли, що вони можуть надавати карти NDVI (перекладається як Нормалізований диференційний вегетаційний індекс - англ.: Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) – кількісний показник кількості фотосинтетичної активної біомаси (що зазвичай називається вегетаційним індексом [3]). Крім того, обладнані спеціальними спектральними та координатними камерами БПЛА здатні точно визначати рівень ураження чи індексу NDVI на полі. Тому, застосування БПЛА в технологіях вирощування соняшника може підвищити його урожайність шляхом оперативного реагування на самому початку ураження посівів хворобами, шкідниками тощо. Є ряд інших переваг при застосуванні БПЛА в технологіях цифрового землеробства.



Тому метою роботи є підвищення ефективності вирощування соняшника при застосуванні БПЛА в технологіях цифрового землеробства.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі завдання:

- навести аналіз цифрових платформ, що застосовуються в цифровому землеробстві;
- провести детальний аналіз властивостей, переваг та недоліків конструкцій БПЛА;
- спроектувати технологію вирощування соняшника із застосуванням цифрової платформи та БПЛА;
- навести заходи з охорони праці при роботі з БПЛА;
- надати економічне обґрунтування роботи.

**Об'єктом досліджень** стали процеси механізованих технологічних операцій у середовищі цифрових платформ.

**Предмет досліджень** – закономірності оптимізації машиновикористання при вирощуванні соняшника застосуванням БПЛА та цифрових платформ.

## **2. ОГЛЯД ЦИФРОВИХ ПЛАТФОРМ ТА БПЛА ДЛЯ ВЕДЕННЯ ЦИФРОВОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА**

## 2.1. Пасивні онлайн-платформи

Оперативне управління машинно-тракторним парком (МТП), раціональне його комплектування, облік виконаних робіт та запланованих має важливе значення у агроінженерній діяльності. До основних видів планування й контролю польових і допоміжних робіт відносяться:

- кількісний і якісний (марочний) склад енергетичних засобів на увірену площу обробітку;

- кількість с.-г. машин, необхідних для раціонального агрегування з енергетичними засобами: з урахуванням того, щоб технологічні операції виконувалися суворо в межах агротехнічних вимог;

- планування витратних матеріалів – добрив, насіння, ЗЗР – так як це пов'язано з технічними характеристиками техніки;

- лінійний наскрізний графік виконання технологічних операцій – для унеможливлення накладок (одночасного використання одного й того ж трактора або с.-г. машини в різних технологіях) між операціями в різних технологіях

- план-графік технічного обслуговування тракторів і с.-г. машин;

- витрата паливно-мастильних матеріалів на кожну технологічну операцію, так і на весь обсяг робіт у розрізі культур і господарства в цілому.

Таке планування і контроль можна здійснювати в пасивних та інтерактивних софтах. Розглянемо в даному пункті пасивні онлайн платформи.

До таких віднесемо ті, що функціонують в Україні і доступні до застосування: OneSoil та Агропрофіль.

Наприклад, *безкоштовна платформа OneSoil* має певний набір функцій необхідних для початкового рівня точного землеробства. Це такі прості функції, як: відстеження змін на полях (стан посівів, швидкість росту, планування польових робіт тощо). Як результат, користувач-фермер має отримати підвищення урожайності за умови економії ресурсів. Платформа складається з мобільних додатків OneSoil Scouting та веб-додатку (рис.2.1).

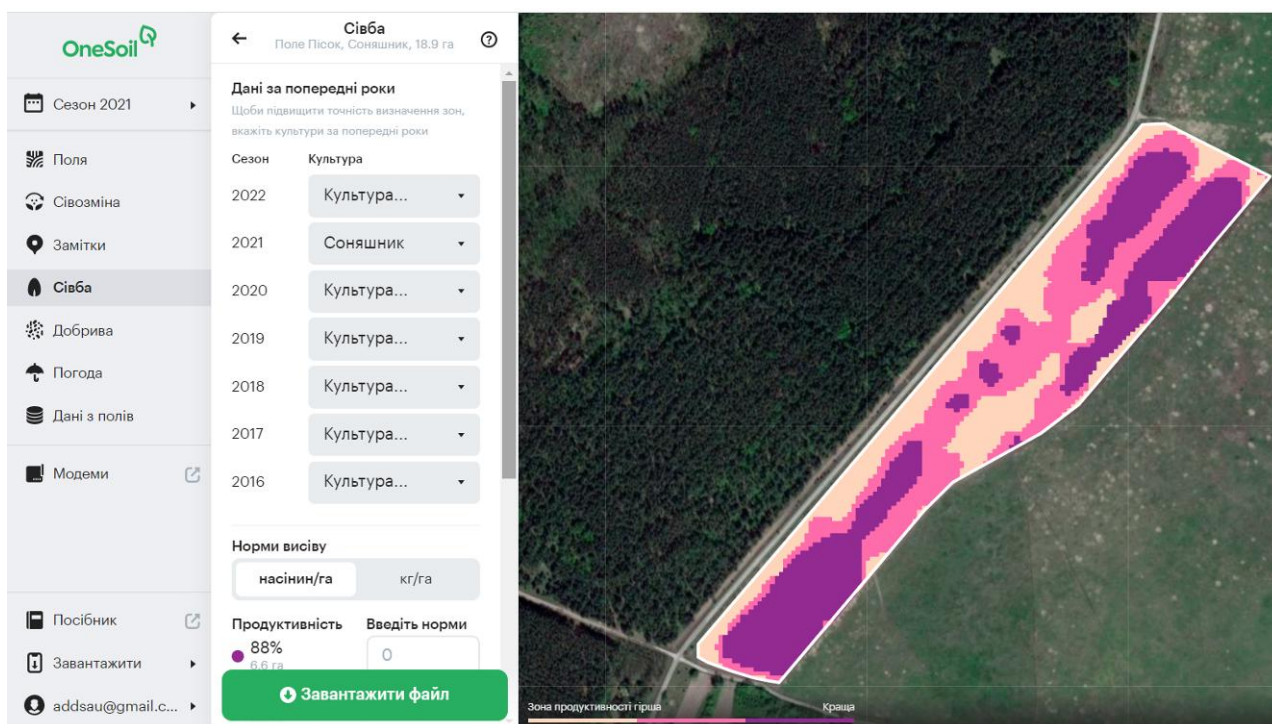


Рис.2.1. Інтерфейс веб-додатку OneSoil має набір функцій для ведення точного землеробства на початковому етапі впровадження.

Платформа має набір функцій: «Поля», «Сівозміна», «Сівба», «Добрива» та інші (рис.2.1). Ці функції дозволяють здійснювати планування польових робіт та фіксацію їх результатів. Можна вносити дати виконання операцій та агрегати, які ці роботи виконали. Межі полів виділяються автоматично на основі даних кадастрових карт. Таким чином, користувач лише позначає «своє» поле, а його межі програма вже визначає автоматично.

Також кожні 3...5 днів здійснюється оновлення супутникових знімків полів. З цих знімків можна визначати, наприклад, індекс вегетації рослин NDVI. Наприклад, на рис.2.2. можна побачити різну швидкість вегетації соняшника в межах одного поля. Причинами різної вегетації рослин можуть бути: недостатня вологозабезпеченість; знижена родючість ґрунту в ділянках низької вегетації та інші причини. Так, фермер може збирати дані та планувати, наприклад, диференційоване внесення добрив та посів у відповідності з рівнем вегетації рослин. Також може на основі отриманих даних вносити оперативне перепланування польових робіт.

До недоліків програми можна віднести те, що з цих фотознімків неможливо визначити вид рослин, які вегетують: культурні чи бур'яни. Отже, потрібна присутність на місці для спостережень і уточнень стану поля.



Рис.2.2. Фотоскрін з поля, засіяного соняшником і його стану за NDVI (дата фото 10 липня 2021 р.).

На даний момент, в програмі неможливо виконати зв'язок техніки з програмою, тобто неможливо відслідковувати положення техніки та її технічний стан в реальному стані. Можна бачити фактичний стан поля та/або результати виконаної уже роботи. Програму доцільно застосовувати на початкових етапах впровадження точного землеробства, коли йде збирання інформації та вихідних даних для подальшого раціонального планування польових робіт.

У перспективі передбачається, що для ефективного використання даних, зібраних за допомогою OneSoil, користувач повинен буде придбати відповідне обладнання: датчики, метеостанції, монітори тощо.

*Безкоштовна онлайн платформа «Агропрофіль»* має аналогічні завдання, але інші шляхи їх вирішення. Так, дана програма прив'язана до карт Google і в ній відсутні показники вегетації рослин. Тобто, прямого зв'язку із агроданними, які надають супутники тут відсутні. Користувач сам повинен позначити межі

своїх полів, внести назву культури (рис. 2.3.) та сформувати виробничу базу в цілому. Межі полів позначаються двома способами: засобом редагування полів у самій програмі та за допомогою навігаційного монітору (наприклад Геотрек EVO-8). Для цього, необхідно увімкнути GPS-навігацію на приладі та об'їхати поле. У створеному особистому кабінеті відобразяться межі цього поля. Полю присвоюється ім'я і вносяться необхідні дані.

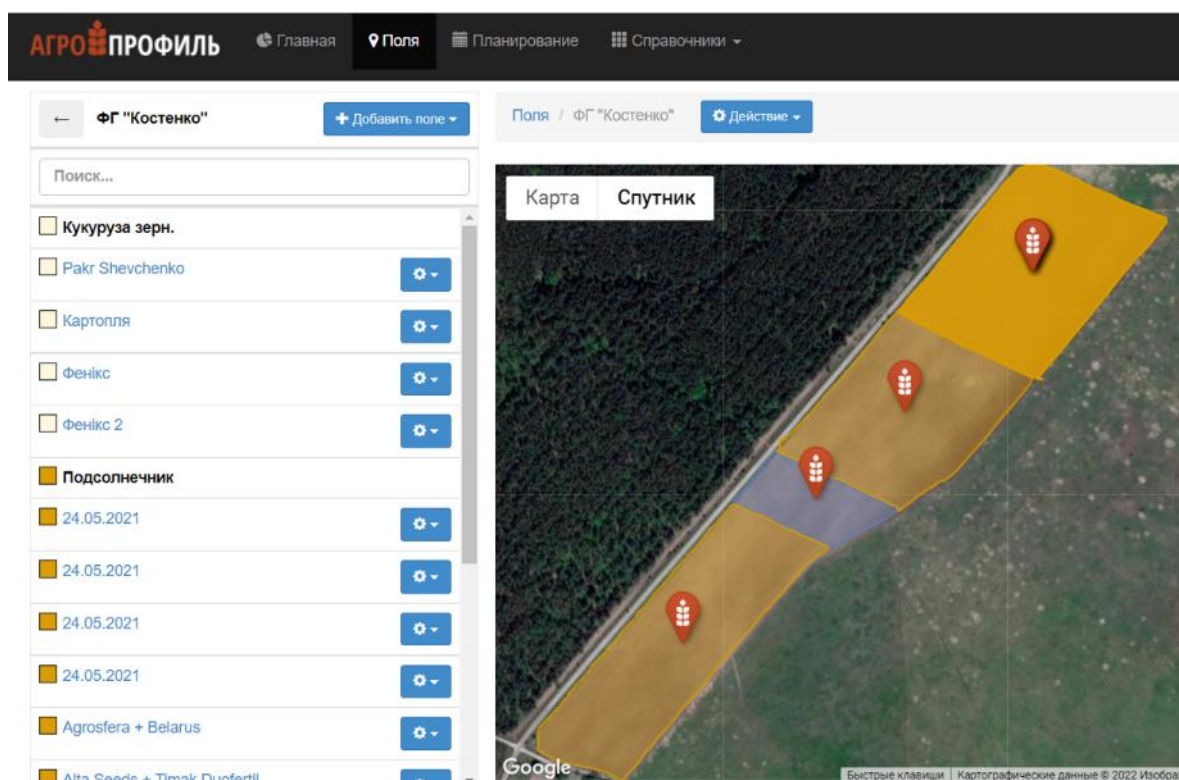


Рис.2.3. Загальний вигляд інтерфейсу онлайн програми «Агропрофіль».

Тобто, прямого зв'язку із супутниками та агродами, як це відбувається у випадку OneSoil, тут немає. Проте, даний ресурс має більше можливостей стосовно власних ресурсів агропідприємства (рис.2.4): наявність техніки, її марочний склад та деякі технічні характеристики; насіння, добрива, які використовуються чи планується використовувати, їх норми внесення та інші. Є можливість формувати нескладні технологічні карти, фіксувати виконані польові роботи та особливості їх виконання (рис.2.5). Польові роботи, заплановані в цьому ресурсі повинні бути підтверджені, що вони виконані, вручну. Це є одним з недоліків програми. Однак, за умови належного ведення планування й обліку робіт, «Агропрофіль» є ефективним.



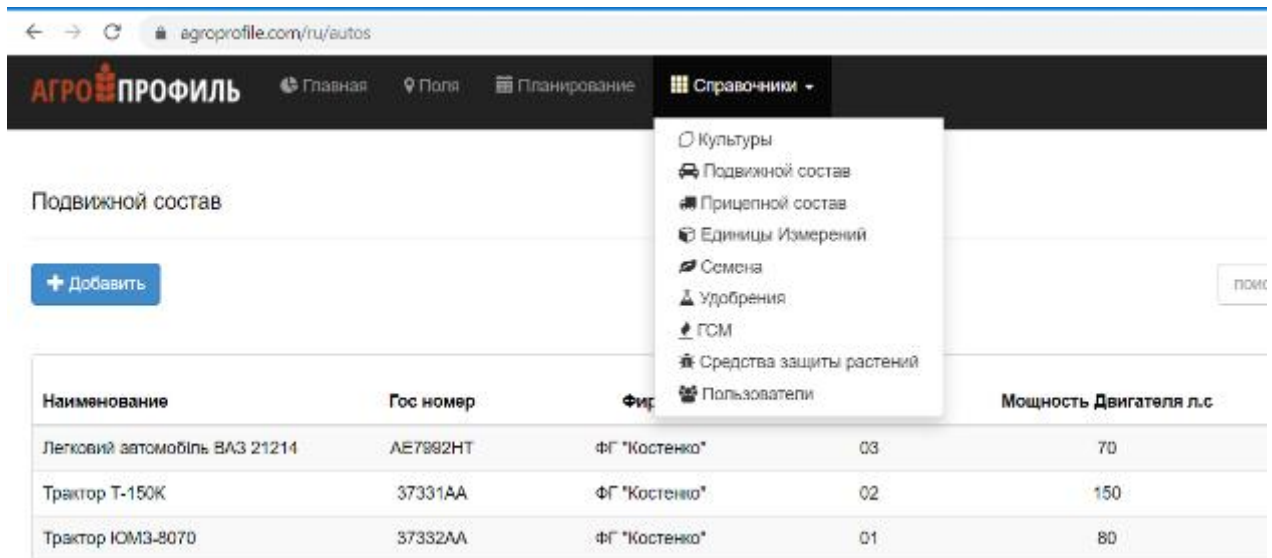


Рис. 2.4. Интерфейс програми «Агропрофіль» у розділі «Справочники»: внесена основна техніка одного з фермерських господарств.

Наведені на рис.2.5., у разі їх фактичного виконання, повинні бути підтвержені в програмі або редаговані.

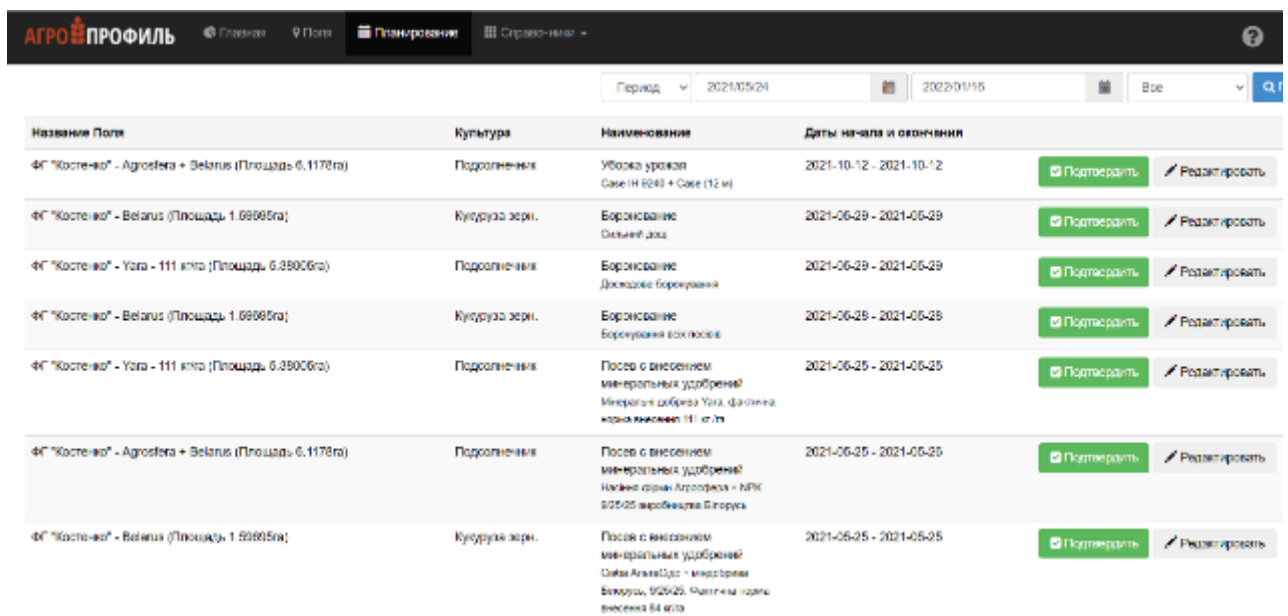


Рис.2.5. Деякі технологічні операції, зафіксовані в програмі «Агропрофіль»: вказані назва, культура, найменування робіт та дати виконання.

До недоліків даного онлайн-ресурсу слід віднести неможливість контролю роботи техніки та поточних витрат в реальному режимі часу.

## 2.2. Інтерактивні цифрові платформи та застосунки

Інші, розширені завдання та функції покладені на інтерактивні цифрові платформи (ІЦП). Крім значно більшого обсягу даних, які необхідно вкласти в них, ІЦП мають прямий зв'язок із технікою, фактичним обсягом виконаних робіт, їх місцеперебування, витрати пального та інші дані. Особистий кабінет користувача має платну підтримку.

До основних ІЦП відносяться такі програми:

- *Advanced Farming Systems (AFS)* – система точного землеробства, розроблена компанією Case IH;
- *Agricultural Machinery Systems (AMS)* – система точного землеробства, розроблена компанією John Deere;
- *Cropwise* – система точного землеробства, програмне забезпечення та обладнання для підтримки розроблене компанією New Science Technologies. В основу роботи сервісу покладено використання інформації яка збирається супутниками дистанційного зондування Землі;
- *АгроОнлайн* – багатофункціональна система точного землеробства, розроблена вітчизняними спеціалістами, яка виконує функції, аналогічні софту *Cropwise* і є його прямим конкурентом.

Є й інші програми, менші за можливостями та обсягом, які теж використовують аграрії різних обсягів виробництва і форм власності. Це такі інформаційні програми аграрного виробництва, як *Soft.Farm* [5], *PLM*, *SMS* та інші.

*Advanced Farming Systems (AFS)* – найбільш розповсюджена система, яка має на сьогодні повний функціональний набір для організації, ведення і контролю машиновикористання в рослинництві, оперативного реагування на зміни умов виробництва, погодних умов і т.д. Має великий розширений інтерфейс (рис.2.6). Для повного використання інструментів даного софту, необхідно мати відповідну техніку, яка була б оснащена датчиками, інтегрованими в системі *ISOBUS*. Це таке обладнання як: антени *GPS*-позиціонування; бортові комп'ютери, які передають режими роботи двигуна, робочих органів та решти

систем агрегатів у систему, технічний стан агрегатів і т.д. При цьому заплановані роботи, наприклад, здійснення диференційованого посіву, виконується в програмі AFS на ноутбучі або комп'ютері (рис.2.6). Потім файл із даним завданням у розширенні «...Share» передається в бортовий комп'ютер посівного агрегату. Агрегат, «знаючи» своє місцезнаходження, висіває різні норми висіву в залежності від того, в якій точці поля він перебуває.

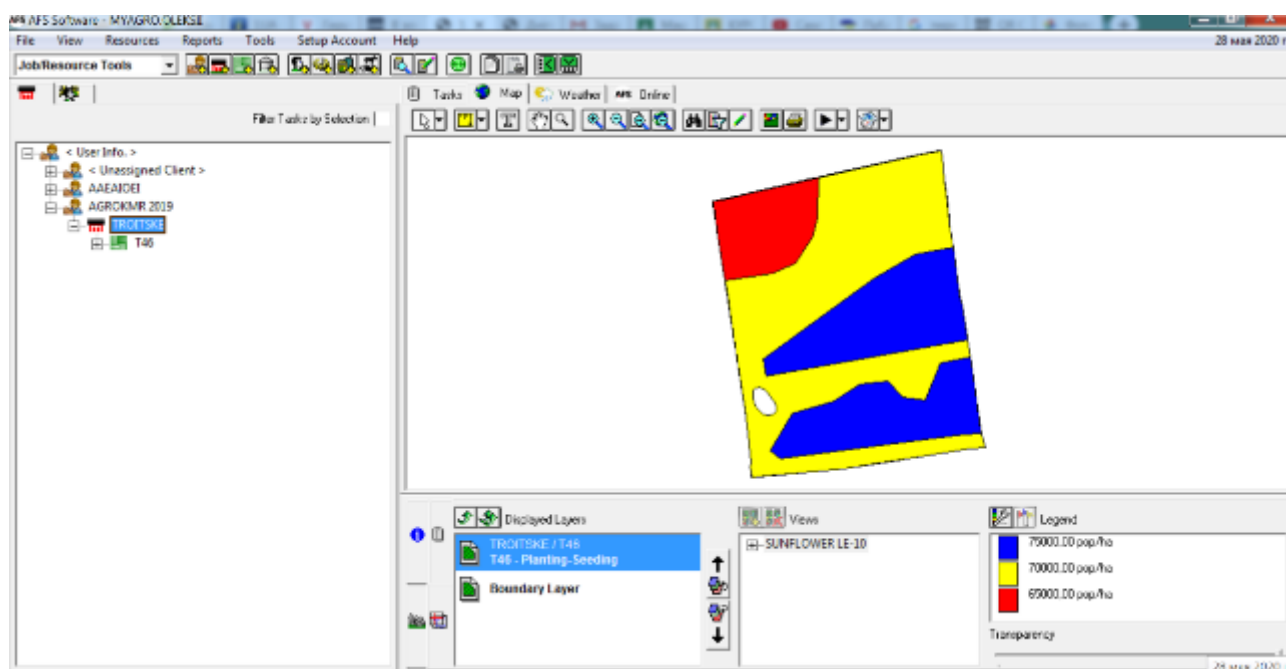


Рис.2.6. Інтерфейс софту AFS на прикладі планування диференційованого посіву соняшника на полі Т46 в ТОВ «Агро КМР».

Збір даних по урожайності поля, агрохімічний аналіз ґрунтів, диференційований обробіток і посів є основою точного землеробства. Це забезпечує підвищення ефективності використання техніки: знижується кількість холостих переїздів, оптимізуються режими роботи, логістика, скорочуються терміни виконання польових робіт і т.д.

До недоліків практично всіх вказаних софтів є те, що для контролю якості вегетації, якості виконаних робіт чи поточного контролю виконання технологічних операцій необхідний особистий контроль. Тобто, відповідальній особі треба контролювати виробничі процеси особисто також.

### 2.3. Основні конструкції та властивості БПЛА

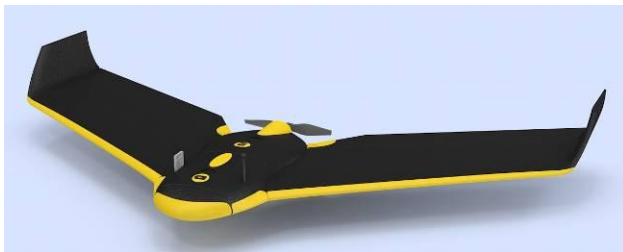


З метою оперативної візуалізації технологічних процесів, проведення детальних досліджень стану посівів у різних спектрах застосовують безпілотні літальні апарати (БПЛА).

Сьогодні можна виділити БПЛА аграрного призначення:

- для виконання технологічних операцій (обприскування, внесення трихограми і т.д.);
- для збирання інформації (моніторинг полів, NDVI-зйомки, контурне землеробство та ін.).

У сільському господарстві найбільше поширення знайшли дрони (рис.2.7). вертольотного типу з вертикальним зльотом (DJI Mavic Air, Phantom та ін.) та літакового типу з горизонтальним злетом (наприклад, SenseFly). Цінність БПЛА в основному полягає від його вантажопідйомності і тривалості польоту для дронів першого типу і оснащення камерами для дронів другого типу.



а)



б)

Рис. 2.7. Основні конструкції аграрних БПЛА: а) літакового типу з горизонтальним злетом; б) вертольотного типу з вертикальним злетом.

Нас цікавить другий тип дронів та його застосування при вирощуванні соняшника. Плануючи комплекс польових робіт вирощування соняшника в технологіях цифрового землеробства ми можемо отримувати:

- вегетаційний стан посівів, їх ступінь та вид ураженості, густоту, строкатість;
- контроль виконання технологічних операцій;
- готовність поля до польових робіт, логістику;
- інші дані в залежності від вимог фермера-коритсувача.

Розглянемо детальніше функції двох БПЛА: літакового типу SenseFly SQ та вертольотного DJI Mavic Air 2.

БПЛА типу SenseFly SQ були представлені в Україні в 2019 році [6]. Вони є багатофункціональними. До їх переваг можна віднести те, що вони інтегровані з програмами AFS, AMS, тобто ті, які використовують аграрні підприємства в Україні. Одним із найбільш розповсюджених БПЛА такого типу є SenseFly eBee SQ. Такий безпілотник оснащений 5-ти спектральними RGB-камерами, що дозволяє отримувати зйомки в інфрачервоному спектрі, NDVI-спектрах; має прив'язку до антени RTK підприємства. Однією з великих переваг цього БПЛА є неушкодженість після падіння. Все це дозволяє отримувати інформацію у форматі, придатним для обробки в AFS Software. Даний БПЛА може отримувати фотографії сотні гектар за один раз. Дрон також сумісний з існуючими фарм-менеджмент системами та сільськогосподарською технікою. Отримані фото мають точність до 3 см на піксель, що дозволяє створювати деталізовані орто-фотоплани, 3D-моделі полів та сільськогосподарські карти [6].

До лімітуючих факторів застосування такого безпілотника є його відносно висока вартість, витрата ресурсів на навчання, відсутність окремих функцій, притаманних БПЛА вертольотного типу (зависання на місці, вертикальний підйом тощо).

БПЛА вертольотного DJI Mavic Air 2 призначений для візуалізації виробничих процесів, контролю їх виконання, стану посівів. Радіус польоту даного апарату складає до 7 км, тривалість польоту на одній батареї – до 30 хв; швидкість руху – до 40...45 км/год.

Всі БПЛА мають набір замінних батарей (як правило 3 одиниці). Висота польотів для всіх типів БПЛА обмежена 500 м у відповідності до чинного законодавства [7].

Яку практичну інформацію можна отримати за допомогою БПЛА? Наприклад, у випадку нестачі поживних речовин, камера апарату може підвищити контрастність фото (рис.2.8) і виділити зони недостатнього живлення з точністю до 2,5 см у випадку прив'язки до RTK агропідприємства.



Рис.2.8. Різниця стану посівів в залежності від системи живлення: спектральний аналіз показав азотне голодування правої частини поля.

Аналогічно обліт с.-г. угідь – наприклад, ріллі – може виявити зони ураження природньо-техногенними наслідками. Наприклад, перед сівбою соняшника на полі за допомогою дрона було визначено зони водної деградації у 2021 р. (рис.2.9). Очевидно, причиною замулення стала плужна підшва, яка заблокувала інфільтрацію води після рясних опадів.



Рис.2.9. Зони водної деградації, зафіксовані дроном DJI Mavic 2.

Внівши координати уражених ділянок в програму AFS, можна зробити наступні заходи: створити карту завдань посіву з обходом цих ділянок або провести додатковий глибокий обробіток саме цих ділянок.

У процесі вегетації рослин можна здійснювати контроль якості посіву, його стану. Так, визначено, що на посівах соняшника є незначні просіви (рис.2.10), викликані, очевидно, значним ущільненням на поворотних смугах та помилками в роботі висівних апаратів.

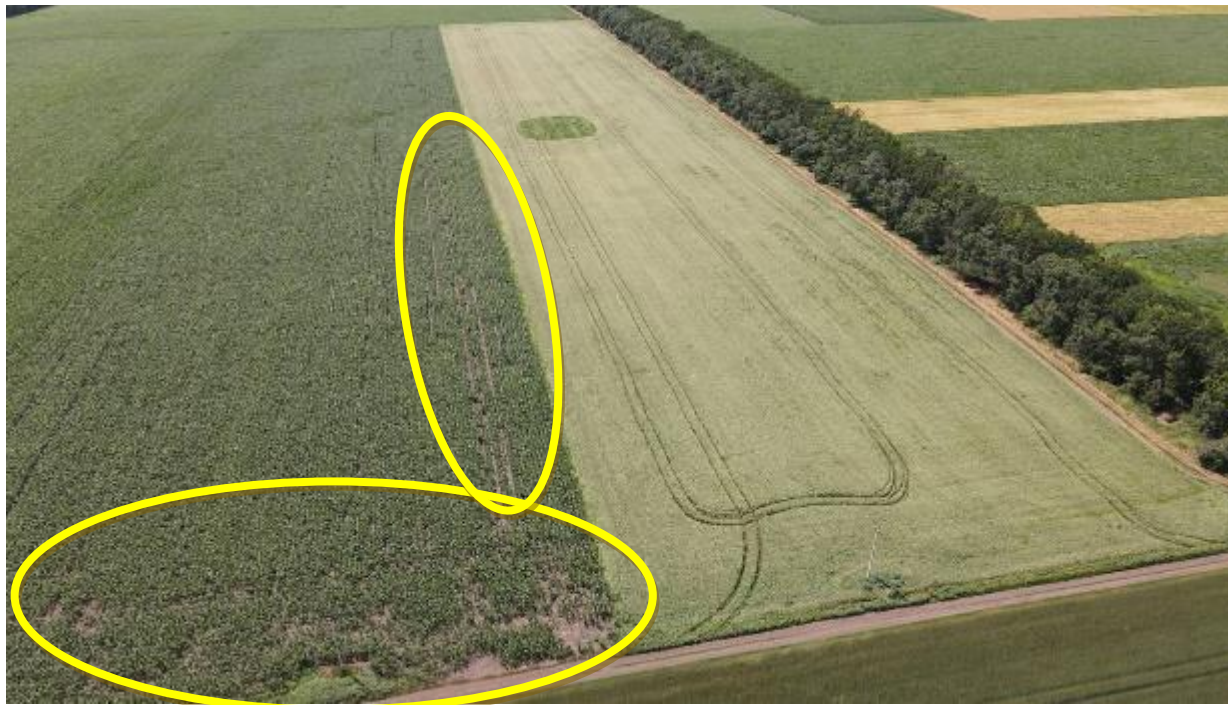


Рис.2.10. Зафіксовані просіви соняшника.

Таким чином, при використанні БПЛА в цифрових технологіях вирощування соняшника, можна оптимізувати витрати пального, добрив, насіння, скоротити переїзди, а отже, підвищити ефективність використання техніки.

**Висновки по розділу.** Показано, що цифрові програми (софти) можна розділити на пасивні (зі спрощеним функціоналом) та інтерактивні (з інтеграцією техніки в програми). До пасивних віднесли такі: OneSoil, Агропрофіль. До інтерактивних: AFS, AMS, Cropwise, Agro Online.

Наведено приклади підвищення ефективності землеробства при використанні дронів, які для аграрного виробництва є такі: для виконання технологічних операцій та для збирання і обробки інформації (DJI Mavic, Phantom, SenseFly).

### **3. ПЛАНУВАННЯ ТА МОНІТОРИНГ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ ЗА ДОПОМОГОЮ БПЛА**

#### **3.1. Програма виробничих досліджень**

Для досягнення поставлених завдань роботи необхідно розробити програму досліджень польового експерименту.

Обираємо експериментальне поле під посів соняшника.

Розробляємо технологію для окремих ділянок поля: без застосування БПЛА та із його застосуванням.

Здійснюємо моніторинг, контроль виконання польових робіт та фіксуємо стан поля протягом вегетації. Фіксуємо експлуатаційні витрати.

На експериментальній ділянці недоліки, виявлені за допомогою БПЛА усуваємо. На контрольній ділянці ніяких змін не робимо.

Після збирання врожаю, фіксуємо його величину і затрати на обох ділянках. Робимо висновки.

Обладнання, задіяне в дослідженнях: трактори ЮМЗ-8070; ЮМЗ-6АКЛ; борони зубові БЗСС-1,0; культиватор КН-3,8; сівалка СУПН-3,8; культиватор просапний КРН-5,6; зернозбиральний комбайн Case IH 9240; БПЛА DJI Mavic Air 2.

#### **3.2. Розробка технології вирощування соняшника з використанням БПЛА**

Для експерименту обрали поле, площею 18,9 га. Розміри та межі поля внесли в цифрову платформу OneSoil (рис.3.1). Як видно з рис. 3.1 на дату 21 травня 2021 року вегетація рослинного покриву знаходиться на посередньому рівні. Фото було зроблене перед посівною культивацією, незначний індекс вегетації пояснюється початком проростання бур'янів, які зійшли після боронування в середині квітня та першої суцільної культивації в середині травня. Між



цими періодами через значні зливи та підвищену вологість ґрунту виконувати обробіток ґрунту було неможливо. Технологічні операції виконувались такими агрегатами:

- боронування – ЮМЗ-8070 + 8БЗСС-1;
- перша суцільна культивування – ЮМЗ-8070 + КН-3,8;
- передпосівна культивування – ЮМЗ-8070 + КН-3,8.

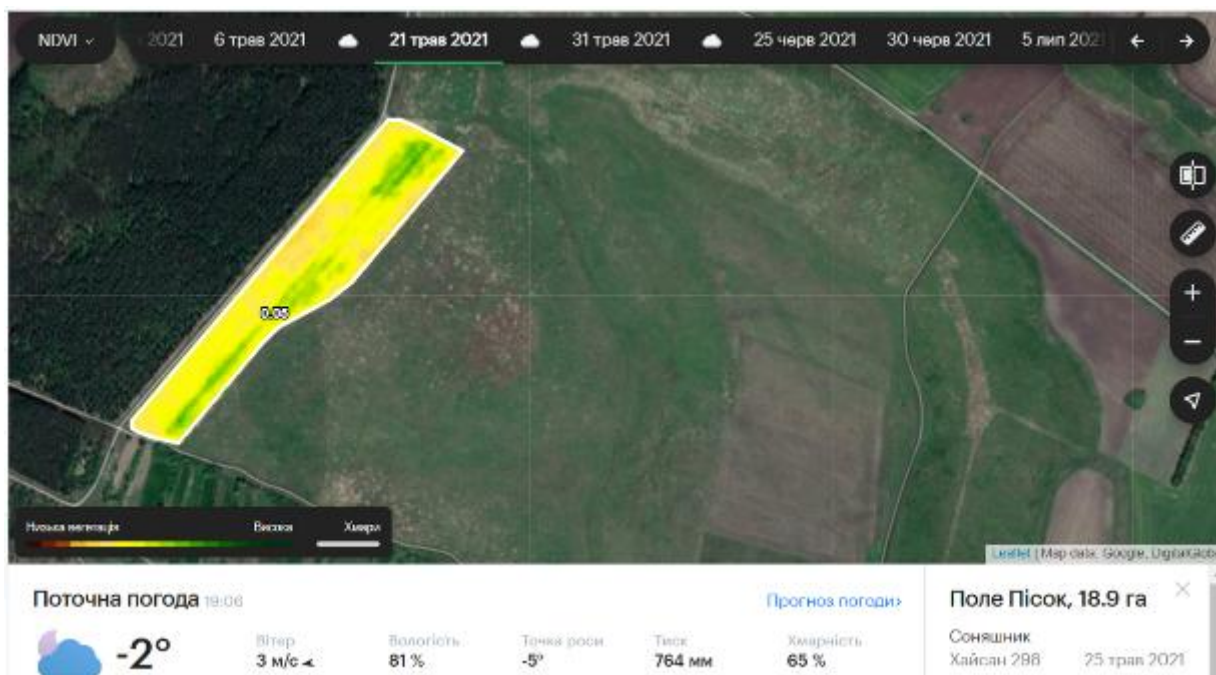


Рис.3.1. Створене експериментальне поле в цифровій платформі OneSoil.

Сівба була виконана 24-25 травня 2021 року агрегатом ЮМЗ-6АКЛ + СУПН-8А. Сівба здійснювалася під кутом 45°. Контроль виконання сівби здійснювали дроном DJI Mavic Air 2. Поле було розбите на 4 ділянки, на двох із яких застосовували елементи цифрового землеробства (створення поля в програмах, використання навігаційного обладнання для ліній паралельного водіння і т.д.).

Таким чином утворені дві ділянки поля.

На агрегатах ЮМЗ-8070 + 8БЗСС-1; ЮМЗ-8070 + КН-3,8; ЮМЗ-8070 + КН-3,8 встановлювали навігатори Hammer виробництва Геометр Україна [8]. Таким чином, нами отримані такі результати по технологічних операціях «Боронування», «Культивування суцільна» та «Культивування передпосівна» (табл. 3.1).

Таблиця 3.1. – Фрагмент технологічної карти експериментальної ділянки

Операції	Склад агрегату		Виробіток			Витрати палива	
	трактор	с.-г. м.	за год	за зм.	за добу	За	На
						нормою	весь обсяг
Дискування стерні попердника	ЮМЗ-8070	СТЕП-2,4	2,34	16,40	23,43	2,7	27
Оранка	ХТЗ-150К-09	ПЛН-3-35	1,0	6,8	13,6	19,1	191
Боронування	ЮМЗ-8070	БЗСС-1,0	3,3	22,8	45,6	2,2	22
Культивація суцільна	ЮМЗ-8070	КН-3,8	2,7	18,6	26,6	3,8	38
Культивація перед-посівна	ЮМЗ-8070	КН-3,8	2,7	18,6	26,6	3,8	38
Сівба	ЮМЗ-6АКЛ	СУПН-8А	3,84	26,88	46,08	4,2	42

При сівбі отримали такі агротехнічні показники:

- норма висіву – 79 тис./га;
- норма внесення комплексних добрив – 96 кг/га.
- затрати праці – 1,16 люд.-год/га.



Рис. 3.2. Посів соняшника на експериментальному полі агрегатом ЮМЗ-6АКЛ + СУПН-8А (фото з дрону).

Фактична продуктивність посівного агрегату була підвищена шляхом зменшення навантаження на механізатора, який слідкував не за слідом маркера,

а за курсовказівником, розміщеним в кабіні. Також було організовано спосіб пуху посівного агрегату з мінімальною кількістю холостих переїздів, а завдяки навігації, рух агрегату відбувався паралельно краю поля (рис.3.2).

На боронуванні і культивуванні фактична продуктивність були підвищені за рахунок зменшення перекриття суміжних проходів:

- на боронуванні – з 0,7 м до 0,2 м;
- на культивуванні – з 0,5 до 0,2 м.

Решта площі поля – 9,8 га, оброблялася з вимкнутими засобами навігації та паралельного водіння (рис.3.3).



Рис.3.3. Вигляд поля з протилежного боку: агрегат ЮМЗ-6АКЛ+СУПН-8А здійснює посів на контрольній ділянці поля.

Отримали такі технологічні результати після посіву контрольної ділянки (табл. 3.1).

Таблиця 3.2. – Фрагмент технологічної карти контрольної ділянки

Операції	Склад агрегату		Виробіток			Витрати палива	
	трактор	с.-г. м.	за год	за зм.	за добу	За	На
						нормою	весь обсяг
Дискування стерні попередника	ЮМЗ-8070	СТЕП-2,4	2,26	15,80	22,57	2,9	29
Оранка	ХТЗ-150К-09	ПЛН-3-35	1,0	6,8	13,6	19,1	191
Боронування	ЮМЗ-8070	БЗСС-1,0	3,2	22,1	44,2	2,4	24
Культивування суцільна	ЮМЗ-8070	КН-3,8	2,5	17,8	25,4	4	40
Культивування передпо-	ЮМЗ-8070	КН-3,8	2,5	17,8	25,4	4	40



сівна							
Сівба	ЮМЗ-6АКЛ	СУПН-8А	3,84	24,9	46,08	4,9	49

В подальшому вели контрольні спостереження за допомогою БПЛА та фіксували просіви, площа яких склала:

- на експериментальній ділянці – 0,19 га;
- на контрольній – 0,16 га.

БПЛА виконав такі функції: фіксація площі та координат просівів (рис. 3.4) та фіксація зон великої забур'яненості (рис.3.5).



Рис.3.4. Фотофіксація просівів



Рис.3.5. Фотофіксація зон значної забур'яненості.

Фотофіксація координат зон забур'яненості дозволяє створити карту-завдання диференційованого обробітку поля. Наприклад, у відносно «чистих» зонах, згідно з картою-завданням можна внести страхову дозу гербіциду, а в

зонах підвищеного забруднення бур'янами – дощу можна підвищити. Дози внесення гербіцидів визначає агроном господарства.

Використання платформи OneSoil дозволило визначити цікаву картину посівів станом на 10 липня 2021 року (рис.3.6). Як видно з рис. 3.6, вегетація соняшника на контрольній ділянці має меншу інтенсивність.



Рис.3.6. Явна різниця у вегетації посівів.

Причиною різного індексу вегетації на одному полі можуть бути:

- порушення термінів посіву;
- строкатість родючості ґрунту;
- диференціація вологозабезпеченості ґрунту;
- інші причини (наприклад, порушення якості технологічних операцій).

Термін стиглості соняшника був визначений 9-го жовтня: близько 85 % кошиків були сухими (зерно мало вологість 9,8 %) і мали темно-бурий колір. Після збирання були визначені зони максимальної урожайності (рис. 3.7), діапазон якої склав 1,12...2,72 т/га. Збирання врожаю здійснювали зернозбиральним комбайном Case IH 9240 + Mac Don FD-75 (рис. 3.8). Даний комбайн обладнаний напівгусеничними рушіями та підключений до платформ AFS /



Сторwise, що й дозволило нам отримати карту врожайності і мінімізувати ущільнення ґрунту.

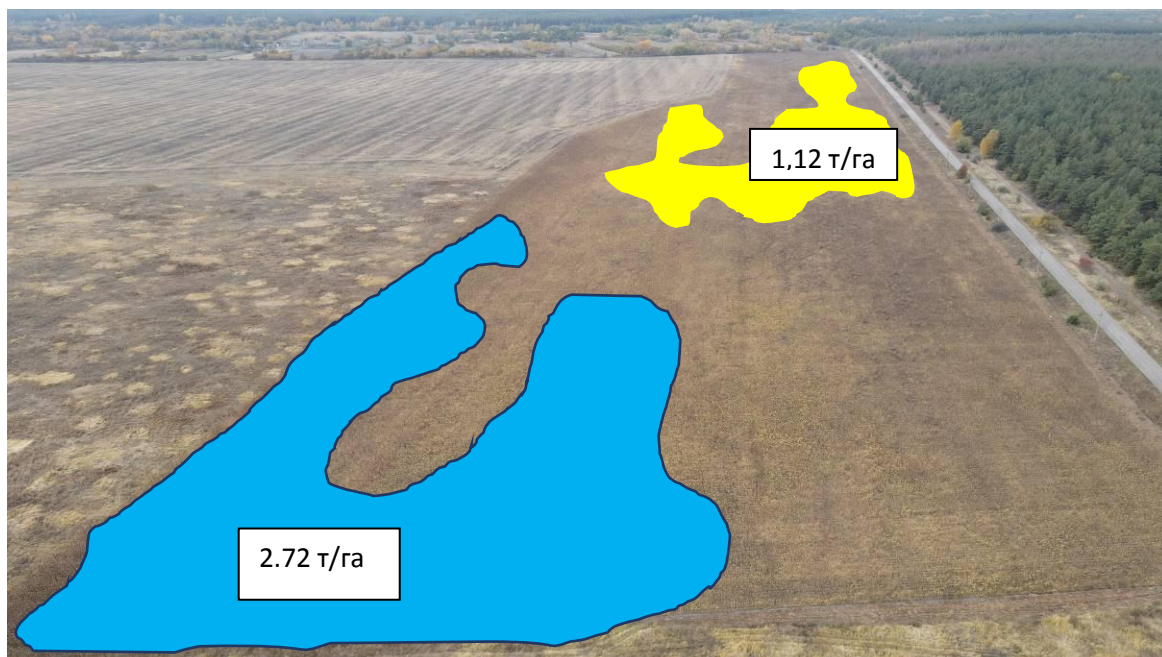


Рис.3.7. Зони максимальної та мінімальної урожайності.



Рис.3.8. Збирання врожаю соняшника комбайном Case IH 9240, обладнаним жаткою Mas Don FD-75 (ширина захвату 13,7 м).

Крім фіксації урожайності і валового збору з комбайна, вагу бункерного насіння зважували на вагах в ТОВ «Агро КМР». За остаточний результат брали усереднений після приведення до нормальної вологості (8 %).

Технологічні карти для обох ділянок склали на основі фактичних термінів виконання робіт, агрегатів та відповідних затрат (Додатки 1 і 2). При складанні технологічних карт користувалися загальноприйнятою методикою [9].

### 3.3. Робота агрегата на ділянках

На дослідних ділянках використовували комбайн Case IH 9240 в агрегаті з жаткою Mas Don FD 75. Ширина захвату  $B_p = 13,7$  м; потужність двигуна 466 кВт; вологість насіння на момент збирання  $W = 9,8$  % і нижче; похил місцевості до 1,0 %.

В основі підготовки поля до збиральних робіт є вибір напрямку і способу руху агрегатів. Якщо поле велике, то здійснюється розбивка поля на загінки, виконання обкосів, прокосів. Якщо поле мале (менше 30 га) або має неправильну форму, то переважає круговий спосіб руху комбайна.

Експериментальна ділянка має розміри: ширина 280 м, довжина – 357,4 м. Рух агрегату обираємо по довшому боці поля (рис. 3.8).

У такому випадку, згідно методики [9, 10] коефіцієнт робочих ходів визначимо за формулою:

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_x},$$

де  $L_p$  – робоча довжина загінки, м. Для нашого випадку  $L_p = 357$  м.;

$L_x$  - середня довжина холостого ходу, м.

Робоча довжина гону  $L_p$  при русі комбайна з чергуванням загінок:

$$L_p = L - 2E,$$

де  $E$  – мінімальна ширина поворотної смуги, м

$$E = 2R + e,$$

де  $R$  - радіус повороту, м (для Case IH 9240  $R = 16$  м);

$e$  - довжина виїзду агрегату, м ( $e = -L_M$  - кінематична довжина агрегату, для Case IH 9240  $L_M = 4,3$  м).

$$E = 2 \cdot 16 + (-4,3) = 27,7 \text{ м.}$$

Однак, ширину поворотної смуги треба приймати кратною ширині захвату жатки. Тобто  $E = 13,7$  або  $27,4$  м. Приймаємо  $E = 27,4$  м.

Робоча довжина поля:

$$L_p = 357 - 2 \cdot 27,4 = 302,2 \text{ м.}$$

Середню довжину холостого ходу знайдемо за формулою:

$$L_x = 6R + 2e = 6 \cdot 16 + 2 \cdot (-4,3) = 87,4 \text{ м.}$$

Коефіцієнт робочих ходів становитиме:

$$\phi = \frac{302,2}{302,2 + 87,4} = 0,77.$$

Даний показник знаходиться нижче оптимальних значень (0,8...0,95), так як експериментальна ділянка є мала, а робоча ширина захвату комбайна – велика.

Дані результати розрахунків необхідно співставляти з даними місцеположення комбайна та його траєкторії руху, що відображаються в програмі AFS. Таким чином, можна оптимізувати процес збирання безпосередньо під час роботи.

**Висновки по розділу.** Таким чином, з експериментальної ділянки отримали середню урожайність 2,12 т/га (валовий збір 21,2 т); затрати пального склали 603 кг; затрати праці на весь обсяг робіт – 63,81 люд.-год.

Середня урожайність з контрольної ділянки складала 1,35 т/га; витрати пального – 618 кг; затрати праці на весь обсяг робіт – 64,87 люд.-год.

Розрахункове значення коефіцієнта робочих ходів  $\phi = 0,77$ .

## **4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДВЗИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **4.1. Суть охорони праці**

Сучасне аграрне виробництво, у тому числі й рослинництво, все більше включає в технології вирощування с.-г. культур автоматизовані системи: лінії паралельного водіння (курсказівники), самохідні агрегати з підкормовуючими пристроями та багато іншого. В нашій роботі ми запропонували в якості контролю та створення карт-завдань застосовувати безпілотні літальні апарати. Це вимагає додаткових заходів безпеки. Крім того, що їх необхідно розробити чи удосконалити, потрібно ще й гармонійно ув'язати з розробленим технологічним процесом вирощування соняшника.

Як відомо, в сільськогосподарському виробництві існує велика кількість стохастичних (випадкових) зв'язків із зовнішнім середовищем і біологічними об'єктами, що піддаються дії некерованих природно-кліматичних факторів та інших чинників [11]. У поєднанні із телематичними механізмами і процесами, кількість небезпечних факторів, які можуть виникати при експлуатації с.-г. техніки, велика. Тому, з урахуванням вищеописаного, охорона праці набуває ще більш важливого значення для збереження здоров'я та життя працівників.

*Охорона праці* визначається як система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці на виробництві [11].

Закон “Про охорону праці” покладає на власників підприємств обов'язки по забезпеченню здорових і безпечних умов праці. Охорону праці необхідно розглядати, прив'язуючись до конкретного виробництва. Усі заходи з охорони

праці тісно пов'язані з організацією виробництва, економікою, технічною естетикою і т.д.

Там як тема дипломної робота присвячена питанням підвищення ефективності використання техніки при вирощуванні соняшника застосуванням технологій цифрового землеробства та БПЛА. Експериментальна частина полягала в проведенні досліджень на двох ділянках поля з використанням технологій цифрового землеробства і БПЛА. Саме застосування БПЛА вимагає певних заходів з охорони праці, які ми й наведемо в даному розділі.

#### 4.2. Аналіз можливих шкідливих факторів при роботі з БПЛА

Так як управління БПЛА має дещо ускладнену структуру (рис.4.1), то для забезпечення її функціонування, використовуються різні електромагнітні та ультразвукові системи.

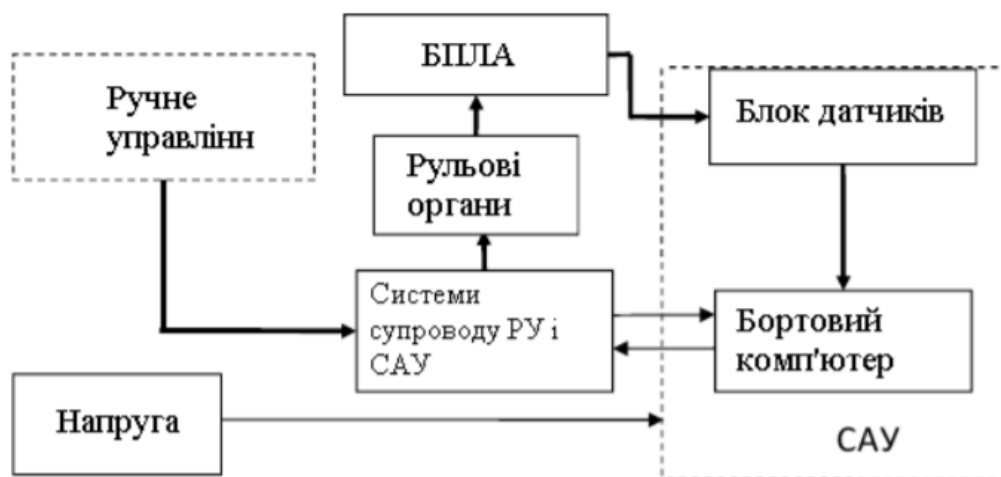


Рис.4.1. Структура управління сучасного БПЛА  
(на прикладі DJI Mavic Air 2)

БПЛА DJI Mavic Air 2 має блок датчиків, який в собі включає систему контролю місцеперебування апарату в просторі. Ця система має інерційний модуль; приймач супутникових сигналів в системах GPS, GALILEO, ГЛОНАСС; тривісний магнітометр; приймачі статичного та динамічного тиску, а також ультразвуковий висотомір. Як бачимо, вказані датчики та системи, до яких вони вбудовані мають електромагнітне та ультразвукове випромінювання, яке може діяти на оператора в момент запуску та посадки БПЛА. Також слід бути



уважним при експлуатації БПЛА на малих висотах та коли апарат вже працює, але ще не злетів: є небезпека травмування лопатями пропелерів.

### **4.3. Організаційні та технічні заходи по забезпеченню захисту працівників при роботі з БПЛА**

Першим правилом безпечної експлуатації БПЛА є дотримання Порядку використання безпілотних літальних суден [7], в якому зазначається, що «польоти БПЛА масою до 20 кг включно виконуються без подання заявок на використання повітряного простору». Крім того, вказується, що польоти виконуються в межах країни без перетинання державного кордону. Також існують обмеження по висоті – не вище 500 м та мінімальне наближення до пілотованих літальних суден 160 м. Згідно з «Положенням...», викладеним у [7] існує ряд заборон на використання БПЛА, зокрема: над адміністративними будівлями, визначеними в положенні, над скупченням людей і забудов (у місті, наприклад) та іншими об'єктами.

Перед запуском БПЛА необхідно впевнитися у його справності та надійній комунікації з обладнанням управління. БПЛА DJI Mavic Air 2 має окремий пульт управління, який приєднується до смартфона, на якому має бути встановлене програмне забезпечення по керуванню. Якщо є надійна комунікація, то на екрані смартфона буде транслюватися картинка з камери БПЛА.

Запуск апарату слід здійснювати з рівного майданчика, бажано з твердим покриттям, на якому відсутні дрібні каміння, рослинні рештки та інші речі, що здатні зашкодити початку руху апарату. На відстані мінімум 5 метрів від апарату не повинно бути оператора та сторонніх осіб.

Польоти слід проводити при сприятливих погодних умовах, за відсутності дощів; швидкість вітру не повинна перевищувати 10 м/с.

Протягом всього польоту оператор повинен мати візуальний контакт з БПЛА. Винятком може бути пряма лінія польоту вздовж довшого боку поля, що перевищує 1 км.

Оператор має бути одягнений в спецодяг, мати головний убір, аптечку та заряджений смартфон.

#### **4.4. Розробка правил безпечного використання БПЛА DJI Mavic Air 2**

Перед використанням БПЛА необхідно вивчити інструкцію з експлуатації та послідовно виконати всі дії, пов'язані із правильним запуском літального судна. Перед початком використання необхідно повністю зарядити всі три акумулятори, які входять в комплект БПЛА.

На полі, яке буде досліджуватися, необхідно вибрати відкриту ділянку з рівним твердим покриттям, без засмічення, з достатньою зоною видимості. Забороняється використовувати як злітний майданчик ґрунтову дорогу. Перевірити якість мобільного зв'язку.

У випадку, якщо на полі працюють інші агрегати – обов'язково дати позначити свою присутність: світловідбивним жилетом, повідомленням або іншими засобами.

Контроль польоту проводити з одночасним візуальним контактом з БПЛА, пролітати над технікою необхідно обережно. Якщо є наявність великої кількості технологічного пилу, забороняється залітати в область запиленості.

#### **4.5. Розробка вимог безпеки праці при настанні надзвичайної ситуації**

Наведемо вимоги безпеки праці при настанні надзвичайної ситуації.

*Вимоги безпеки праці перед початком роботи з БПЛА DJI Mavic Air 2.*

БПЛА відноситься до безпечних приладів за умови дотримання інструкції з експлуатації.

Забороняється виконувати роботи БПЛА поблизу високовольтних ліній електропередач, над відкритими водоймами. У випадку необхідності виконання робіт над водою, він повинен знаходитись не нижче 3 м від її поверхні.

Слід уникати зон польотів з високим електромагнітним випромінюванням – це може перешкодити комунікації з дроном і він може впасти.

Оператор БПЛА повинен дотримуватись правил саморегулюючих організацій, таких як Міжнародна організація громадянської авіації, Федеральне управління громадянської авіації (США) та Державна авіаційна служба України.

Отже, перед початком роботи з БПЛА DJI Mavic Air 2 необхідно виконати такі кроки.

1. Не допускати до роботи осіб, які не вивчили будову та принцип роботи БПЛА DJI Mavic Air 2 та/або не пройшли курс навчання управління і методами роботи.

2. Не допускати до роботи в полі осіб, що не пройшли інструктаж з охорони праці, про що повинен бути зроблений відповідний запис у реєстраційному журналі.

3. Перевірити комплектність та справність БПЛА DJI Mavic Air 2.

4. Перед початком роботи на полі, необхідно впевнитися в безпечних умовах на полі.

5. Повідомити осіб, зайнятих на польових роботах і які працюють на полі, що буде здійснюватися робота БПЛА.

*Вимоги безпеки праці під час проведення робіт.*

1. Під час проведення контрольних-вимірних робіт у полі, необхідно контролювати навколишній стан (як власний, так і БПЛА), тримати у полі зору агрегати, які працюють на даному полі.

2. За сонячної погоди оператору забороняється працювати без головного убору та без термоса з водою.

3. Комплектування, підготовку до роботи слід виконувати у спеціально відведеному і позначеному місці на полі.

4. Якщо оператор переміщується самостійно на транспортному засобі, то останній треба розміщати на видному, доступному місці.

### *Вимоги безпеки праці в аварійних ситуаціях*

У випадку падіння БПЛА на полі поблизу технологічних машин, необхідно терміново повідомити механізаторів про подію. Рухатись до місця падіння таким чином, щоб бути в полі зору інших людей, що працюють на техніці.

У разі виникнення пожежі (що можливо при вимірюваннях на полі з агрофоном – стерня зернових колосових культур), необхідно викликати пожежну охорону, сповістити керівництво підприємства або відповідального та взяти участь у ліквідації осередку загорання.

Не підходити на небезпечну відстань до осередку загорання, якщо це може загрожувати здоров'ю чи життю. Якщо є технічна можливість – перевірити за допомогою БПЛА наявність інших джерел займання чи іншої загрози.

У випадку травмування працівника слід надати йому невідкладну допомогу та викликати лікаря. Якщо це неможливо, необхідно терміново доставити керівника до медичного закладу.

### *Вимоги безпеки праці після виконання робіт*

1. Упевнитися в безпечному поверненні БПЛА, зупинити його двигуни.
2. Вимкнути живлення на пульту управління та БПЛА.
3. Пересвідчитися у відсутності пошкоджень приладу.
4. Скласти БПЛА згідно з інструкцією в кейс.

**Висновки по розділу.** Наведений аналіз можливих шкідливих факторів при експлуатації безпілотного літального апарату DJI Mavic Air 2. Показано, що це можуть бути слабкі електромагнітні та ультразвукові випромінювання. На основі цього розроблені додаткові заходи з поліпшення умов та безпеки праці при роботі з літальним обладнанням.

## 5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОБОТИ

### 5.1. Суть економічного ефекту

Ми провели експерименти на двох ділянках: експериментальній із застосуванням методів цифрового землеробства та БПЛА (10,0 га) і контрольній (9,8 га). Економічний ефект полягає у рентабельності технологій за рахунок підвищення ефективності використання техніки.

Ефективність використання техніки за технологій цифрового землеробства зростає за рахунок:

- підвищення коефіцієнта використання ширини захвату агрегатів;
- підвищення темпу робіт за рахунок веденню агрегату по лініях паралельного водіння з підкермовуванням;
- визначення уразливих зон за допомогою БПЛА та картографування поля з наступним створенням карти-завдання для диференційованого обробітку: хімічного захисту.
- інші виробничі чинники, як от контроль якості технологічних процесів як під час виконання робіт, так і за їх результатами (наприклад, просіви).

Таким чином, отримавши фактичні значення продуктивності, витрати пального, інших технологічних затрат та порівнявши ці витрати за однакових умов, ми можемо визначити як ефективність використання техніки, так і рентабельність технологій в цілому. Так як експерименти проводилися на малих площах, у розрахунках ми визначимо відносні показники рентабельності, а абсолютні показники приведемо до більших площ.

## 5.2. Розрахунок економічної ефективності

Користуючись отриманими технологічними картами (Додаток 1 і 2), визначаємо кількість палива, технологічних матеріалів, рівень експлуатаційних витрат, необхідних для вирощування соняшника на .

Витрати на затрачене паливо розрахуємо за формулою:

$$Z_{\text{пал}} = C_{\text{пал}} \cdot Q_{\text{пал}}, \quad (5.1)$$

де:  $C_{\text{пал}}$  – ціна 1 кг дизельного палива. За останніми даними, ринкова ціна ціна 1 л, тобто 0,83 кг дизельного пального складає 31,5 грн. Тоді, вартість 1 кг пального дорівнює  $31,5 \cdot 1,2 = 37,8$  грн.;

$Q_{\text{пал}}$  – витрати палива на весь комплекс виконання робіт, кг (додаток).

Як видно з плану механізованих робіт (Додаток 2), загальна витрата палива на весь обсяг вирощування дорівнює:

- технологія цифрового землеробства – 603 кг;
- класична технологія – 622 кг.

Тоді, вартість дизельного пального складе:

- технологія цифрового землеробства:

$$Z_{\text{пал}}^{\text{ТЦЗ}} = 37,8 \cdot 603 = \mathbf{22\ 793,4} \text{ грн.}$$

- класична технологія:

$$Z_{\text{пал}}^{\text{КЛАС}} = 37,8 \cdot 622 = \mathbf{23\ 511,6} \text{ грн.}$$

Вартість посівного матеріалу була однаковою:

$$Z_{\text{нас}} = C_{\text{нас}} \cdot Q_{\text{нас}} = 5000 \cdot 4 = \mathbf{20\ 000} \text{ грн.}; \quad (5.2)$$

де  $C_{\text{нас}}$  – вартість однієї посівної одиниці (п.о.) гібриду соняшника Haisan 298 виробництва компанії Alta Seeds 5000 грн. [13];  $Q_{\text{нас}}$  – кількість посівного матеріалу, необхідного для засівання площі 10 га, складає 4 п.о.

В якості критерію витрат на оплату праці, доцільно розрахувати вартість однієї людино-години за формулою:

$$Z_{\text{пл}} = C_{\text{пл}} \cdot Q_{\text{пл}}, \quad (5.3)$$

де  $C_{\text{пл}}$  – оплата однієї люд-год;

$Q_{nl}$  – загальна кількість затрат праці на виробництво продукції (з плану механізованих робіт).

Для механізаторів 5 розряду тарифна ставка дорівнює 450 грн./зміну [12, 13]. Отже за одну люд.-год тарифна ставка  $T_c$  складає  $450 : 7 = 64,28$  грн.

Надбавка за класність механізатора дорівнює 20 %.

Тоді  $T_c^k = T_c \cdot 1,2 = 64,28 \cdot 1,2 = 77,14$  грн.

Єдиний соціальний внесок, відрахування в пенсійний фонд та військовий збір складають 21,5 %.

Отже, загальні витрати від тарифної ставки дорівнюють:

$$BV = T_c^k \cdot 21,5\% = 77,14 \cdot 0,21 = 16,20 \text{ грн.}$$

Звідси, оплата праці механізатора за одну людину-годину дорівнює:

$$Ц_{nl} = 77,14 + 16,20 = 93,34 \text{ грн.}$$

$Q_{nl}$  – затрати праці за технологією ЦЗ складають 63,81 люд.-год.; за класичною – 64,99 люд.-год.

Тоді, затрати на оплату праці будуть дорівнювати:

- за ТЦЗ

$$Z_{nl}^{ТЦЗ} = 93,34 \cdot 63,81 = \mathbf{5956,02} \text{ грн.}$$

- за класичною технологією:

$$Z_{nl}^{КЛАС} = 93,34 \cdot 64,99 = \mathbf{6066,16} \text{ грн.}$$

Різниця в затратах експлуатації техніки складатиме в вартості оренди обладнання ЦЗ і БПЛА. Як бачимо з технологічних карт, ми запропонували однаковий набір технологічних операцій з однаковою технікою. Різниця була в тому, що у випадку впровадження елементів ТЦЗ ми понесли додаткові витрати на придбання навігаційного обладнання та БПЛА. Разом ці витрати склали 69 000 грн. (36 000 грн. - монітор Геометр Україна Evo 8 та антена GM та 33 000 грн. БПЛА DJI Mavic Air 2). БПЛА використовувався три рази на операціях № 9, 12, 17 (Додаток 1). Навігаційне обладнання використовувалося на технологічних операціях № 3, 4, 5, 8, 10, 14.

Тому до експлуатаційних витрат додаємо ще 69 000 грн. витрат на експериментальній ділянці.



Отже, загальні експлуатаційні витрати на вирощування соняшника за розробленою технологією з використанням ТЦЗ, будуть як сума складових:

$$Z = Z_{нал} + Z_{нас} + Z_{пл} + Z_{оренда} + Z_{податок} \quad (5.4)$$

де  $Z_{податок}$  - податок на землю в конкретній територіальній громаді, складає 15 134 грн.

Підставимо знайдені дані у формулу (5.4):

$$Z_{техн}^{ТЦЗ} = 22\,793,4 + 20\,000 + 59\,56,02 + 69\,000 + 15\,134 = 132\,883,42 \text{ грн.}$$

Собівартість однієї тонни пшениці озимої знайдемо за формулою:

$$C = Z / U, \quad (5.5)$$

де  $U$  – валовий збір насіння соняшника, т.

Згідно з розробленою технологією фактичний валовий збір з площі 10 га склав 21,2 тонн. Тоді, розрахункова собівартість тонни урожаю складе:

$$C = 132\,883,42 / 21,2 = 6\,268,1 \text{ грн/т.}$$

Ринкова вартість соняшника, станом на початок 2022 року [12], складала до 17800 грн. / т.

Тоді, вартість вирощеної продукції, знайдемо за формулою:

$$B_{пр} = C_{ни} \cdot U, \quad (5.6)$$

де  $C_{ни}$  – ціна однієї тонни насіння соняшника, грн.

Тоді:

$$B_{пр} = 17800 \cdot 21,2 = 377\,360 \text{ грн.};$$

Прибуток від реалізації вирощеної продукції знайдемо за формулою:

$$\Pi = B_{пр} - Z = 377\,360 - 132\,883,41 = 244\,476,59 \text{ грн.} \quad (5.7)$$

Враховуємо той факт, що із отриманого доходу від реалізації продукції буде виділено на вирощування урожаю під наступний рік. Ця сума буде аналогічна витратам загальним, розрахованими нами за формулою (5.4) мінус 69000 на обладнання, яке ми вже закупили і будемо використовувати наступного року. Тому  $Z_{2022} = 132\,883,41 - 69\,000 = 63\,883,41$  грн., приймаємо 64 000 грн.

Тому, прибуток зменшиться на цю суму:

$$\Pi_ч = 244\,476,59 - 64\,000 = 180\,476,59 \text{ грн.}$$

Рівень рентабельності впровадження розробленої технології визначимо за формулою:

$$P = \Pi \cdot 100 / Z. \quad (5.8)$$

$$P = \frac{100 \cdot 244476,59}{132883,41} = 183,97\%.$$

Загальні експлуатаційні витрати на вирощування соняшника за класичною технологією складуть (формула 5.4):

$$Z_{техн}^{КЛАС} = 23\ 511,6 + 20000 + 6066,16 + 15\ 134 = 64\ 711,76 \text{ грн.}$$

Згідно з розробленою технологією фактичний валовий збір з площі 10 га склав 13,5 тонн. Тоді, розрахункова собівартість тонни урожаю складе:

$$C = 64711,76 / 13,5 = 4\ 793,46 \text{ грн/т.}$$

Ринкова вартість соняшника, станом на початок 2022 року [12], складала до 17800 грн. / т.

Тоді, вартість вирощеної продукції, знайдемо за формулою:

$$B_{np} = C_{ни} \cdot U, \quad (5.6)$$

де  $C_{ни}$  – ціна однієї тонни насіння соняшника, грн.

Тоді:

$$B_{np} = 17800 \cdot 13,5 = 240\ 300 \text{ грн.};$$

Прибуток від реалізації вирощеної продукції знайдемо за формулою:

$$\Pi = B_{np} - Z = 240\ 300 - 64\ 711,76 = 175\ 588,24 \text{ грн.} \quad (5.7)$$

Враховуємо той факт, що із отриманого доходу від реалізації продукції буде виділено на вирощування урожаю під наступний рік. Ця сума буде аналогічна витратам загальним, розрахованими нами за формулою (5.4) Тому  $Z_{2022} = 64\ 711,76$  грн., приймаємо 65 000 грн.

Тому, прибуток зменшиться на цю суму:

$$\Pi_q = 175\ 588,24 - 65\ 000 = 110\ 588,24 \text{ грн.}$$

Рівень рентабельності впровадження розробленої технології визначимо за формулою (5.8):

$$P = \frac{100 \cdot 110588,24}{64711,76} = 170,89\%.$$

Отримані показники заносимо в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Економічне обґрунтування роботи

Параметр	Од. виміру	Технологія	
		Проектна (ТЦЗ)	Класична
Площа	га	10	10
Валовий збір зерна	т	21,2	13,5
Експлуатаційні витрати всього	грн	132 883,42	64 711,76
У тому числі:			
- пального	грн	22 793,4	23 511,6
- насіння	грн	20 000	20000
- заробітна плата з нарахуванням	грн	5956,02	6066,16
- податки	грн	15 134	15 134
Капітальні вкладення	грн	69 000	-
Виручка від реалізації	грн	377 360	240 300
Прибуток	грн	244 476,59	110 588,24
Затрати праці	люди-год	63,81	64,99
Рівень рентабельності	%	183,97	170,89
Термін окупності кап. вкладень	років	1,94	-

Таким чином, можна зробити висновок, що ефективність техніки за використання техніки при вирощуванні соняшника застосуванням технологій цифрового землеробства забезпечило підвищення рентабельності на 13,97%.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз стану питання показав, що традиційні методи і засоби підвищення ефективності вирощування соняшника на сьогодні себе вичерпали.

2. Показано, що цифрові програми (софти) можна розділити на пасивні (зі спрощеним функціоналом) та інтерактивні (з інтеграцією техніки в програми). До пасивних віднесли такі: OneSoil, Агропрофіль. До інтерактивних: AFS, AMS, Cropwise, Agro Online.

Наведено приклади підвищення ефективності землеробства при використанні дронів, які для аграрного виробництва є такі: для виконання технологічних операцій та для збирання і обробки інформації (DJI Mavic, Phantom, SenseFly).

3. З експериментальної ділянки отримали середню урожайність 2,12 т/га (валовий збір 21,2 т); затрати пального склали 603 кг; затрати праці на весь обсяг робіт – 63,81 люд.-год.

Середня урожайність з контрольної ділянки складала 1,35 т/га; витрати пального – 618 кг; затрати праці на весь обсяг робіт – 64,87 люд.-год.

Розрахункове значення коефіцієнта робочих ходів  $\varphi = 0,77$ .

4. Наведений аналіз можливих шкідливих факторів при експлуатації безпілотного літального апарату DJI Mavic Air 2. Показано, що це можуть бути слабкі електромагнітні та ультразвукові випромінювання. На основі цього розроблені додаткові заходи з поліпшення умов та безпеки праці при роботі з літальним обладнанням.

5. Таким чином, можна зробити висновок, що ефективність техніки за використання техніки при вирощуванні соняшника застосуванням технологій цифрового землеробства забезпечило підвищення рентабельності на 13,97%. Отже, застосування технологій цифрового землеробства

### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Офіційний сайт УКАБ. [Електронне джерело], режим доступу: [https://www.ucab.ua/ua/pres\\_sluzhba/novosti/u\\_2021\\_rotsi\\_ukraina\\_zbilshila\\_ekspor\\_t\\_agroproduksii\\_na\\_25](https://www.ucab.ua/ua/pres_sluzhba/novosti/u_2021_rotsi_ukraina_zbilshila_ekspor_t_agroproduksii_na_25). Останнє звернення: 12.01.2022 р.
2. Головне управління статистики у Дніпропетровській області. Офіційний вебсайт. [Електронне джерело], режим доступу: <http://www.dneprstat.gov.ua/>
3. Нормалізований диференційний вегетаційний індекс. Вікіпедія. Офіційний сайт. Режим доступу: wikipedia.org. Дата останнього звернення: 14.01.2022 р.
4. Soft.Farm — інформаційна система сучасної агрономії [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.soft.farm/uk/crop-husbandry>. Дата останнього звернення: 16.01.2022 р.
5. Системи точного землеробства Case IH AFS. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.caseih.com/emea/ua-ua/%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82%D0%B8/afs%C2%AE-advanced-farming-systems>. Дата останнього звернення: 16.01.2022 р.
6. В Україні представили сільськогосподарські дрони SenseFly. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://traktorist.ua/news/3566-v-ukrayini-predstavili-silskogospodarski-droni-sensefly>. Останнє звернення: 16.01.2022 р.
7. Державна авіаційна служба України. Офіційний сайт. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://avia.gov.ua/bezpilotni-povitryani-sudna-2/>.

8. Геометр Україна. Навігаційне обладнання для сільськогосподарської техніки. Офіційний сайт. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://shop.gpsgeometer.com/>.

9. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві / В.Ю. Ільченко, А.С. Лімонт та ін.; за ред. В.Ю. Ільченка. – К.: Урожай, 1993. – 288 с.

10. Механізація вирощування сільськогосподарських культур в Україні / А.С. Кобець, О.Д. Деркач, М.І. Ролдугін, В.М. Яцук, П.М. Кухаренко, А.М. Пугач; Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет – Дніпропетровськ, 2014. – 285 с.

11. Довідник з охорони праці в сільському господарстві. За ред. С.Д. Лехмана. К.: Урожай, 1990, с. – 396.

12. Кобець А.С., Ільченко В.Ю., Бутенко В.Г. та ін. Дипломне проектування з машиновикористання в рослинництві: Навчальний посібник / За ред. А.С. Кобця. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2007. – 288 с.

13. Ільченко В.Ю., Кобець А.С., Мельник В.П., Карасьов П.І., Кухаренко П.М., Ільченко А.В. Практикум з використання машин у рослинництві / Дніпропетровський держагроуніверситет. – Дніпропетровськ, 2002. – 212с.

14. Пивовар П.В. Методологічні основи аналізу економічної ефективності використання машинно-тракторного парку / П.В. Пивовар // Вісн. ЖНАЕУ (економічні науки) – 2010. № 2 (27). – с. 42-51.

15. Механізовані польові роботи. Методика розрахунку, норми виробітку та витрати пального на збиранні сільськогосподарських культур / В.В. Вітвіцький, Н.М. Семененко, І.В. Лобастовий та ін.; за ред. В.В. Вітвіцького. – К.: УкрНДСагропром. Кн.2, 1997. – 274с.

16. Механізовані польові роботи. Методика розрахунку, норми виробітку та витрати пального на основний обробіток ґрунту / В.В. Вітвіцький, Н.М. Семененко, І.В. Лобастовий та ін.; За ред. В.В. Вітвіцького. – К.: УкрНДСагропром. Кн.4, 1996. – 655с.

17. Механізовані польові роботи. Методика розрахунку, норми виробітку та витрати пального на основний обробіток ґрунту / В.В. Вітвіцький, Н.М. Семененко, І.В. Лобастовий та ін.; За ред. В.В. Вітвіцького. – К.: УкрНДСагропром. Кн.3, 1996. – 480с.

## Додатки



Технологічна карта вирощування соняшнику

Строки виконання		True Robot за добу		Склад агрегату		Виробіток			Потрібно виконати
календ.	true Onite	трактор	зчіпка	с.-г. м.	к-сть с.-г.м	за год	за м.	за добу	агресив.
6	7	9	10	11	12	13	14	15	16
20-26.07	7	10	ЮМ8-8070	СТЕП-2,4	1	2,34	16,40	23,43	1
05-25.09	15	14	ХТЗ-150К-09	ПЛН-3-35	1	1,0	6,8	13,6	1
31.03-4.04	3	14	ЮМ8-8070	Б9СС-1,0	8	3,3	22,8	45,6	1
15-30.04	6	10	ЮМ8-8070	КН-3,8	1	2,7	18,6	26,6	1
20-21.05	6	10	ЮМ8-8070	КН-3,8	1	2,7	18,6	26,6	1
24.05.2021	6	12	Меліор		1	2,0	14,0	24,0	1
24.05.2021	6	12	ЮМ8-8070	2ПТС-4	1	3,8	26,6	45,6	1
24.05.2021	6	12	ЮМ8-8070	СУПН-9А	3	3,84	26,88	46,08	1
24.05.2021	6	14	Мавіс Air 2	Б9СС-1,0	21	3,26	22,8	45,6	1
26.05-06.05	3	14	ЮМ8-8070	КРН-5,6	1	2,66	18,6	37,2	2
01-10.06	3	14	ЮМ8-8070	КРН-5,6	1	2,66	18,6	37,2	2
15.06.2021	5	12	Мавіс Air 2	ВР-3М	1	3,21	19,3	38,52	1
15.06.2021	5	12	ЮМ8-8070	ОГН-412	1	8,01	56,1	96,2	1
01.07.2021	3	14	ЮМ8-8070	КРН-5,6	1	2,66	18,6	37,2	2
10-20.09	1	14	Case IH 9240	MacDon FD-75	1	6,57	46	92	1
10-20.09	1	14	Volvo FN 13			6,8	52	95,2	1

Додаток 1

Додаток 2

Технологічна карта вирощування соняшнику

виконання		True, Robotи за год	Склад агрегату			К-сть С-2-М	Виробіток		
трив. днів	трактор		зілка	С-2-М	за год		за м.	за об'є	
7	8	9	10	11	12	13	14	15	
17	7	10	ЮМЗ-8070		СТЕП-2,4	1	2,26	15,80	22,97
19	15	14	ХТЗ-150К-09		ПЛН-3-35	1	1,0	6,8	13,6
04	3	14	ЮМЗ-8070		БСС-1,0	8	3,2	22,1	44,2
14	6	10	ЮМЗ-8070		РН-3,8	1	2,3	17,8	25,4
14	6	10	ЮМЗ-8070	Manitou	РН-3,8	1	2,5	17,8	25,4
14	6	12	ЮМЗ-8070		2ЛТС-4	1	3,8	26,6	45,6
14	6	12	ЮМЗ-6АКП		СУПН-8А	3	3,84	24,9	46,08
5	5	12	ЮМЗ-6		ВР-3М	1	3,21	19,3	38,52
1,05	3	14	ЮМЗ-8070		ОГН-412	1	8,01	56,1	96,2
16	3	14	ЮМЗ-8070		БСС-1,0	21	3,16	22,1	44,2
					РН-5,6	1	2,66	18,6	37,2
16	3	14	ЮМЗ-8070		РН-5,6	1	2,66	18,6	37,2
19	1	14	Case IH 9240		MacDon FD-75	1	6,57	46	92
19	1	14	Volvo FN 13				6,8	52	95,2